

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE DIVERSOS TIPOS DE MORFOLOGIA URBANA NO MICROCLIMA DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

*Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira **

*Alyson Lino Xavier ***

*José de Souza Nogueira****

*Armindo de Arruda Campos Neto*****

*Carlo Ralph De Musis ******

*Aguinaldo Gentil de Oliveira******

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi realizar uma análise climática no campus da Universidade Federal de Mato Grosso

-
- * Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Professora da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e do programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente (PGFMA/UFMT), Av. Fernando Correia da Costa s/n, CEP: 78060-900, Fones: 3615-8703/3615-8709, Cuiabá-MT, e-mail: mcjam@ufmt.br, Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA).
- ** Engenheiro Civil, Mestrando em Física e Meio Ambiente (PGFMA), Universidade Federal de Mato Grosso, CEP: 78060-900, Cuiabá-MT, e-mail: adic@terra.com.br, Membro do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA).
- *** Físico, Doutor em Ciências, Professor da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) do Departamento de Física e do Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente (PGFMA/UFMT), CEP 78.060-900, Cuiabá-MT, e-mail: nogueira@cpd.ufmt.br, Coordenador do Grupo de Pesquisa em Física e Meio Ambiente (GPFMA).
- **** Engenheiro Civil, Mestrando em Física e Meio Ambiente (PGFMA), Universidade Federal de Mato Grosso, CEP: 78060-900, Cuiabá-MT, e-mail: armindorruada@uol.com.br, Membro do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA).
- ***** Engenheiro Civil, Doutor em Educação, Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Cuiabá, Professor do programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente (PGFMA/UFMT), CEP: 78060-900, Cuiabá-MT, e-mail: carlo@unic.br.
- ***** Engenheiro Civil, Mestrando em Física e Meio Ambiente (PGFMA), Universidade Federal de Mato Grosso, CEP: 78060-900, Cuiabá-MT, e-mail: ageng_seg@yahoo.com.br, Membro do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA).

localizado na cidade de Cuiabá de clima tropical úmido e um elevado rigor climático. A metodologia utilizada foi desenvolvida primeiramente através de um estudo macroclimático com os dados das estações meteorológicas de Cuiabá e de Santo Antônio, caracterizando uma área urbana e rural respectivamente. Em seguida foi feita a análise microclimática no local pesquisado escolhendo dezesseis pontos de medições com diferentes características de conformação. Esse estudo foi desenvolvido na estação seca e úmida nos períodos da manhã e noturno chegando-se a conclusão de que pontos com presença de áreas verdes e superfícies de água apresentam grande influência na amenização do calor e permanência da umidade relativa do ar. Essa constatação chegou a ser de 2,6°C para o período da manhã e 3,8°C no período noturno ambos da estação úmida. Com essas comprovações pode-se utilizar o programa de estatística SPSS 13.0 (Statistical Package for the Social Sciences – pacote estatístico para as ciências sociais) e realizar uma análise de Cluster para desenvolver um dendograma que mostrou uma grande similaridade entre o comportamento térmico dos pontos com área verde em seu entorno.

PALAVRAS-CHAVE

Ilha de calor, análise macroclimática, análise microclimática, rigor climático.

ABSTRACT

The main objective of this work was to realize a bioclimatic analysis in the Federal University of Mato Grosso campus located in the city of Cuiabá of humid tropical climate and high climatic severity. The used methodology was developed first through a macroclimatic study with the data of the meteorological stations of Cuiabá and Santo Antônio, having characterized an urban and rural area respectively. This analysis showed indications of the presence of heat island with the minimum temperatures higher in the urban area. After that a microclimatic analysis was made in the searched place choosing sixteen points of measurements with different characteristics of conformation. This study was developed in the dry and humid season during the periods of the morning and night and coming to the conclusion that points with presence of green areas and water

surfaces produce great influence in the attenuation of the heat and permanence of the air relative humidity. This ascertainment went up to 2,6°C for the period of the morning and 3,8°C in the nocturnal period both of the humid season. With these evidences the program of statistics SPSS 13.0 (Statistical Package for the Social Sciences) can be used and run an analysis of Cluster to develop a dendrogram that showed a great similarity between the thermal behavior of the points with green area in its around.

KEYWORDS

Heat island, macroclimatic analysis, microclimatic analysis, climatic severity.

Introdução

A climatologia urbana atualmente constitui-se como um dos focos de estudos mais divulgados em todo o mundo. Questionamentos sobre a influência das ações do homem sobre o clima tem se intensificado, principalmente pelos indícios de modificações climáticas como a intensificação do efeito estufa, ilhas de calor e o aquecimento global.

Um dos maiores problemas evidenciados nas grandes cidades são as ações rigorosas do clima, que, por ser um sistema complexo, envolve grande número de variáveis que muitas vezes não obedecem ao pensamento cartesiano e dificultam as previsões da ação do clima sobre os habitantes das cidades, ocorrendo grandes enchentes, ondas de calor ou de frio sem que a população esteja preparada.

As grandes cidades procuram atualmente investir em uma condição ambiental adequada aos seus habitantes, isso porque está acontecendo o chamado “êxodo urbano” com o deslocamento da população urbana para cidades menores fugindo da violência e dos rigores climáticos dos grandes centros urbanos.

O equilíbrio entre o crescimento econômico e a proteção ambiental é um desafio para todas as grandes cidades do mundo

e estas cada vez mais estão investindo para evitar que a população se desloque para cidades menores com condições mais salubres de vida. Este fator é bem notório na cidade de Cuiabá, que apesar de ser a capital do estado de Mato Grosso, constituindo-se em um dos pólos mais importantes do agronegócio do Brasil, muitos imigrantes não se adaptam ao rigor térmico da cidade e passam a se deslocar para as cidades do interior ou retornam para o seu lugar de origem.

O crescimento horizontal das cidades é evidenciado com o surgimento de grandes assentamentos irregulares gerando sérias modificações na conformação urbana, com a eliminação das áreas verdes de espécies nativas que compunham o entorno da cidade e introduzindo novos materiais com o concreto, pavimentos flexíveis, vidro e outros. Esses materiais terão um saldo de radiação solar acumulado superior ao de áreas verdes. Esse fato reflete em temperaturas superiores nas áreas de grande densidade construídas em relação às áreas verdes, evidenciado, principalmente, no período noturno sem a presença da radiação de onda curta e com pouca estratificação do ar.

Além da expansão horizontal promovida pelos bairros, muitas vezes irregulares, outro problema evidenciado nas grandes cidades é a verticalização das regiões centrais. Essa verticalização impede a dissipação do calor acumulado nos pavimentos, além de influenciar na ventilação da região.

Regiões como a depressão cuiabana deveriam ser objeto de estudos freqüente no que diz respeito à climatologia urbana, visto que essa região possui uma grande deficiência de ventilação por existir em seu entorno regiões mais elevadas, como serras e chapadas. Atualmente, a cidade de Cuiabá caracteriza-se como uma expansão urbana descontrolada, atrelada apenas em interesses políticos e capitalistas sem nenhuma epistemologia em relação ao desenvolvimento e o rigor climático vivido pela cidade.

Estudos bioclimáticos inseridos em regiões com grandes problemas ambientais são de grande importância para qualquer planejamento urbano, pois podem servir de parâmetros para as

mais variadas regiões onde são encontrados os mais diversos tipos de microclima.

Massa (1999), afirma que os benefícios das estratégias bioclimáticas podem atingir todas as situações encontradas no clima das cidades. No inverno, estão relacionados com a maximização da insolação, ao excesso da radiação solar nos espaços públicos, a proteção dos pedestres contra os ventos frios e a minimização do consumo de energia através dos aquecedores. Em períodos de verão, os benefícios estão relacionados à maximização da ventilação natural na escala urbana e das edificações, a proteção da radiação solar nos espaços públicos abertos e nas edificações, o resfriamento através da evaporação na escala urbana e a minimização do consumo de energia no condicionamento do ar.

O objeto deste estudo é o campus da Universidade Federal de Mato Grosso, localizado na cidade de Cuiabá-MT que caracteriza-se como uma região de clima tropical, com altas temperaturas praticamente todo o ano.

O objetivo principal deste trabalho é fazer uma análise climática no campus da Universidade Federal de Mato Grosso. A análise macroclimática, feita na região do grande aglomerado urbano de Cuiabá e em uma fazenda experimental da própria universidade no município de Santo Antônio do Leverger, distante aproximadamente 30 Km, serve como embasamento para demonstrar a influência da cidade no clima urbano através do comportamento de cada morfologia urbana detectado pela análise microclimática.

As características encontradas em um campus são as mais variadas podendo ser encontrados solos nus, pavimentos flexíveis, calçamentos, vegetações de diversas espécies, superfícies de água e edificações. Essa diversidade serve com parâmetro que pode auxiliar o crescimento do campus e também ser estendido a toda a cidade de Cuiabá em seus bairros, centro comercial e nas futuras projeções para uma cidade com grandes oportunidades e um conforto ambiental adequado.

Materiais e Métodos

Para a realização do estudo bioclimático no campus da Universidade Federal de Mato Grosso procurou-se entender primeiramente a influência da cidade no clima urbano e também a presença de ilha de calor na cidade. Essa etapa de estudo foi caracterizada por uma análise macroclimática.

Com o conhecimento do clima urbano realizou-se um monitoramento pontual do comportamento térmico de variadas morfologias urbanas frente a imposição do clima gerado pela cidade, passando então por uma análise microclimática.

Local do Estudo Macroclimático

O estudo macroclimático desenvolveu-se com o objetivo de detectar a presença de ilha de calor e caracterizar o clima urbano onde estão inseridos os microclimas.

Para caracterizar clima urbano que exerce influência no clima local e detectar os inícios da presença de ilha de calor desenvolveu-se um estudo comparativo de dados climáticos das seguintes estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia):

a) Estação Convencional 83361 – Cuiabá, de responsabilidade do 9º Distrito de Meteorologia com lat. 15° 33' S e long. 56° 07' W, tendo ainda uma altitude de 151,34m classificada como Climatológica Principal.

b) Estação Convencional 83364 – Padre Remetter, de responsabilidade do 9º Distrito de Meteorologia com lat. 15° 47' S e long. 56° 04' W, tendo ainda uma altitude de 140m classificada como Climatológica Principal.

Toda análise inicial para o estudo de um clima urbano requer observações, tanto da topografia do sítio, como dos modelos de morfologia urbana do grande número de combinações que pode existir. Acima de tudo, a ordem de grandeza entre o porte do sítio e o porte da cidade deve ser considerada, (MASCARÓ, 1996).

A escolha das duas estações do INMET ocorreu devido ao fato de que a estação de Cuiabá, de responsabilidade do 9º Distrito de Meteorologia, está localizada no aglomerado urbano formado entre as cidades de Várzea Grande e Cuiabá, distante apenas 4 km do centro da cidade de Cuiabá. Já a estação Padre Remetter encontra-se localizada na fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, em uma área suburbana da cidade de Santo Antônio, distante aproximadamente 30Km da cidade de Cuiabá. Essa comparação entre o comportamento térmico entre uma área urbana e rural permite a identificação da ocorrência de ilha de calor na cidade.

A estação de Cuiabá caracteriza-se como o clima urbano e a estação de Santo Antônio representa o clima rural, dois elementos utilizados para avaliar a existência da ilha de calor, sem contudo abordar a conformação ou extensão da ilha de calor na área de estudo.

As duas estações meteorológicas além de caracterizarem os climas urbano e rural, não possuem expressiva diferença de altitude, como é o caso da estação de São Vicente localizada a 800 m de altitude, onde através da descompressão adiabática acontece a redução da temperatura com o aumento da altitude.

Além da altitude, outro fator importante na escolha das estações é o fato de que se trata de duas estações de mesma categoria (Climatológica Principal), uma vez que a estação localizada no campus da Universidade Federal de Mato Grosso está atuando apenas como estação pluviométrica.

Os dados coletados na estação de Cuiabá representaram a influência da área urbana sobre a temperatura da cidade.

A Análise Macroclimática

A avaliação térmica baseou-se na análise das temperaturas máximas, mínimas e médias das estações entre o ano de 2005 e 2006 entre os meses de julho de 2005 a junho de 2006, já que foi a única seqüência registrada por completo na estação de Cuiabá.

Analisou-se as seguintes variáveis climáticas dos meses estudados:

- Temperatura máxima – média mensal (TM);
- Temperatura mínima – média mensal (Tm);
- Temperatura mínima absoluta mensal (Tma);
- Temperatura máxima absoluta mensal (TMa);
- Amplitude térmica das temperaturas máximas mensais (ATM);
- Amplitude térmica das temperaturas mínimas mensais (ATm);
- Umidade relativa – média mensal (UR);
- Precipitação Mensal – Média (Pm).

Com os dados de temperaturas foi realizado um teste T pareado utilizando o *software* SPSS 13.0 para verificar as proximidades do comportamento térmico das duas estações meteorológicas e com isso constatar a existência de indícios de ilha de calor na cidade de Cuiabá.

Local do Estudo Microclimático

Foram escolhidos 16 pontos de medições de variáveis climáticas conforme a caracterização da morfologia do ambiente.

Procurou-se escolher as mais variadas situações de morfologia urbana como:

- Situações de solo nu, pavimento flexível e rígido e solo com cobertura vegetal;
- Pontos em áreas com elevada densidade construída e pontos em áreas vegetadas;
- Pontos próximos a avenidas de bairros de alta densidade construída;
- Pontos próximos a superfícies d'águas.

Todo o cuidado na escolha dos pontos foi proposto para identificar a influência da morfologia urbana na temperatura e umidade do ar.

Os pontos foram dispostos em forma de linhas procurando percorrer todo o campus da Universidade, conforme Figura 1.

As linhas não obedeceram a uma simetria, pois o importante na demarcação dos pontos estava justamente nas diferentes situações apresentadas, o que não corresponderia a uma seqüência lógica na demarcação.

O campus da UFMT encontra-se na região sul da cidade de Cuiabá, distante aproximadamente 3 km do centro histórico, onde já foi detectada a presença de ilha de calor por Maitelli (1994).

Atualmente o entorno do campus é formado por áreas com diferentes fins e características quanto ao aspecto construtivo.

Em sua porção nordeste o campus limita-se com a Avenida dos Moinhos que separa o campus do bairro Jardim Itália. Já em sua porção sudeste o campus limita-se com um bairro de grande adensamento, o bairro Boa Esperança. Na porção sudoeste encontra-se a Avenida Fernando Corrêa da Costa que separa a campus da uma grande faixa de área comercial. A noroeste o campus da UFMT limita-se com o bairro Jardim das Américas, onde estão mescladas áreas estritamente residenciais e uma área comercial, com a presença de um Shopping Center e algumas galerias de lojas.

A Análise Microclimática

Primeiramente a análise microclimática ocorreu com o estudo da conformação de cada ponto de medição escolhido.

Analísaram-se a morfologia do solo, a presença de superfícies de água, a presença e o tipo de vegetação encontrada, a proximidade de edificações e a proximidade de vias ou bairros com alta densidade construída.

A análise microclimática foi desenvolvida através do método dos transectos móveis, isso para poder determinar o comportamento térmico dos dezesseis pontos escolhidos conforme a morfologia do campus da UFMT.

Para Maitelli (1994), o método dos transectos móveis é de grande utilidade porque permitem avaliar o comportamento médio da temperatura e umidade do ar em cada intervalo de percurso e cobrir grande parte da área urbana, garantindo a

acurácia das medidas. Entretanto, são necessários certos cuidados tais como, a duração do percurso, a velocidade do veículo, a proteção dos sensores contra radiação solar e a posição dos instrumentos no topo do carro, evitando a influência do motor e da estrutura nas medidas.

Para a análise microclimática realizou-se uma coleta de dados noturnos e diurnos de temperatura e umidade relativa do ar em dias não consecutivos, podendo ser realizado em dias de céu claro e calmaria, onde a expressão da ilha de calor pode estar mais evidente, principalmente no período noturno.

A presença de vento pode estratificar o microclima criado em cada ponto, as nuvens durante o dia atuam como barreiras para a radiação direta do sol, podendo fornecer radiações líquidas disponíveis diferentemente em cada ponto estudado.

Foram realizados cinco dias de medições na estação da seca feita no mês de setembro do ano 2006 nos dias 21, 22, 23, 24 e 25 no período da manhã, a partir das 6:30 e no período noturno após o pôr-do-sol.

Para a estação úmida foram realizadas quatro medições no período da manhã e noturno, seguindo a mesma metodologia para a estação seca. As medições foram feitas nos dias 15, 16, 17 e 18 do mês de novembro onde a situação de céu claro e calmaria se mostrou mais efetiva dentre os meses da estação úmida.

Os dados foram coletados com um termo-higro-anemômetro modelo THAR-185 de leitura direta da Instrutherm, utilizando um veículo até os pontos determinados ou até as suas proximidades, visto que muitos pontos não possibilitavam a proximidade do veículo.

Segundo Maitelli (1994), é importante salientar que os cuidados para a seleção de locais com uso de solo diferenciado para as medidas fixas e para a elaboração do roteiro para as medidas móveis, bem como a calibração e ajuste dos instrumentos e a sua exposição adequada, constituem-se em regras fundamentais para garantir a qualidade das observações.

Realizou-se coletas no período diurno, às 6:30 horas, com a proteção da radiação direta. Neste período o processo de balanço

de energia positivo progride rapidamente e as diferentes superfícies do campus começam a absorver a radiação solar, aquecendo a camada de ar mais próxima a superfície.

Outro período estudado aconteceu depois do pôr-do-sol, onde segundo Souza (1997), a presença da ilha de calor pode ser detectada com maior facilidade em dias com céu limpo e de calmaria.

As análises diurnas e noturnas permitem verificar a influência da conformação do ambiente do campus da UFMT em relação à absorção e dissipação do calor promovido pela insolação e armazenado conforme as características dos materiais que compõem o ponto estudado.

A rota das medições obedeceu as seqüências dos pontos escolhidos, percorrendo assim o campus da UFMT com diferentes características e sem obedecer a uma simetria, já que o objetivo era encontrar conformações de áreas variadas.

As medidas foram feitas a 1,50 m do solo para representar a altura média do pedestre e também distantes do corpo do pesquisador, evitando a influência do calor do corpo ao efetuar as medições.

Procurou-se desenvolver o trajeto em menor espaço de tempo possível, para que no período diurno a marcha do balanço de energia positiva não tivesse tanta influência nos dados coletados e também para que durante o período noturno o tempo de dissipação da energia acumulada na malha urbana não influenciasse nos resultados.

Com os dados de temperatura e umidade do ar para os dezesseis pontos coletados em dias de calmaria e céu limpo, além das características da morfologia de cada ponto, passou-se a análise da relação entre as temperaturas e umidades com o aspecto encontrado para cada ponto, podendo assim verificar a influência pontual, ou microclimática dos diferentes pontos e suas diferentes características.

Essa análise pode demonstrar a importância de áreas verdes ou superfícies de água como agentes amenizadores do rigor climático imposto pelo clima das cidades de porte médio, de região tropical e com grande continentalidade, como é o caso da cidade de Cuiabá.

Após análise das temperaturas e umidades do ar para cada ponto

nos períodos da manhã e da noite para cada estação passou-se a utilização de *softwares* específicos para o agrupamento dos pontos em relação ao comportamento térmico em cada microclima.

Para a análise do comportamento térmico dos dezesseis pontos analisados utilizou-se o programa SPSS.

Com o programa SPSS pode-se realizar a análise de Cluster fazendo a identificação de agrupamentos homogêneos das temperaturas médias fazendo um relacionamento através de coeficientes de proximidade ou distância.

Com a análise de Cluster obteve-se um dendograma que representa o agrupamento dos pontos analisados em relação ao comportamento térmico de cada um em seu microclima.

O dendograma do comportamento térmico é de grande utilidade para verificar o comportamento dos pontos, ou melhor, a influência da conformação dos pontos em cada microclima podendo servir de parâmetro para um planejamento do campus e também ser estendido para a cidade de Cuiabá.



Figura 1 – Localização dos pontos de medições no campus da UFMT

Análise das Características dos Pontos Estudados

Ponto 01 – O Ponto de número 1 está localizado na estação meteorológica da UFMT. Nesse ponto o solo é coberto por uma vegetação rasteira (grama), sem obstruções do céu.

Ponto 02 – O ponto 02 caracteriza-se por estar inserido em um pavimento rígido (calçada de concreto), distante apenas 50 cm de uma edificação e 10 metros de outra, separadas por um pavimento flexível do tipo PMF (Pré misturado a frio).

Ponto 03 – O terceiro ponto está localizado em um estacionamento e caracteriza-se por estar inserido em um pavimento flexível do tipo pré-misturado a frio. Esse estacionamento possui um canteiro central com uma vegetação de espécies lenhosas.

Ponto 04 – O ponto 04 está localizado no Zoológico do Campus. As características do ponto 04 são opostas aos pontos antecedentes, pois trata-se de uma superfície de solo nu (solo areno-argiloso) com grande obstrução para a dissipação da energia acumulada na superfície, pois está inserido em um local com vegetação de grande porte (espécies lenhosas). Existe ainda a presença de superfície de água (piscina de animais) a 15 metros.

Ponto 05 – O quinto ponto está localizado no centro de uma pista com pavimento flexível do tipo PMF. Esse ponto dista 40 metros da Rua 01 que separa o campus do bairro Boa Esperança. O ponto 05 está localizado entre duas edificações (7,00 metros de cada) e possui grande obstrução da ventilação.

Ponto 06 – O sexto ponto está localizado em um pavimento flexível do tipo pré-misturado a frio. Trata-se do estacionamento do Teatro da UFMT.

Ponto 07 – O sétimo ponto está localizado em um calçamento de concreto às margens da lagoa do Zoológico, próximo ao Restaurante Universitário.

- Ponto 08** – O oitavo ponto está localizado no campo de futebol da UFMT, precisamente na maracá do meio do campo.
- Ponto 09** – O ponto de número nove está localizado em um pequeno bosque próximo a avenida principal do campus. A superfície é coberta por vegetações nativas do tipo rasteira. O ponto é encoberto por espécies lenhosas espaçadas.
- Ponto 10** – O décimo ponto localiza-se próximo a rua 01 que separa o bairro Boa Esperança do campus. A superfície é de solo nu, formada por um material mesclado com argila, areia e pedregulho. O ponto está próximo ao bloco de cultura do campus.
- Ponto 11** – O décimo primeiro ponto localiza-se no bosque utilizado para caminhadas no campus. O ponto está inserido sobre um calçamento que serve para caminhadas.
- Ponto 12** – O décimo segundo ponto está localizado em um pequeno bosque formado por vegetação de espécies lenhosas. Esse ponto está a uma distância de 20 metros da avenida principal do campus.
- Ponto 13** – O décimo terceiro ponto está localizado em um estacionamento. Esse ponto encontra-se em um pavimento rígido do tipo concreto e está próximo a Rua 01 do bairro Boa Esperança. Nesse ponto não existem dificuldades para a insolação, bem como para a dissipação do calor acumulado no pavimento.
- Ponto 14** – O décimo quarto ponto está localizado em uma via de acesso a um bloco. A via é confeccionada com pavimento flexível (PMF) e encontra-se entre dois canteiros com vegetação de espécies lenhosas que fazem a obstrução da insolação no ponto e também impedem a dissipação do calor da superfície estudada.

Ponto 15 – O décimo quinto ponto encontra-se nas proximidades do parque aquático do campus. Esse ponto está inserido em um pavimento de concreto com canteiros de árvores isoladas e espaçadas.

Ponto 16 – O décimo sexto ponto encontra-se no início da rota de caminhada do campus, nas proximidades da Avenida Fernando Corrêa da Costa. Nesse ponto encontram-se espécies de vegetação rasteiras e nativas, bem como espécies lenhosas de grande e pequeno porte.



Ponto 01



Ponto 02



Ponto 03



Ponto 04



Ponto 05



Ponto 06



Ponto 07



Ponto 08



Ponto 09



Ponto 10



Ponto 11



Ponto 12



Ponto 13



Ponto 14



Ponto 15



Ponto 16

Figura 2 – Características dos pontos estudados.

Resultados e Discussões

O gráfico a seguir mostra a grande influência da morfologia urbana no macroclima da cidade de Cuiabá fazendo com que as temperaturas mínimas mensais sejam maiores do que em Santo Antônio, pois com o crescimento das construções, bem como o cobrimento da superfície com o asfalto, aumenta a absorção de radiação e conseqüentemente aumenta a emissão de radiação.

Essa diferença é detectada mais facilmente durante o período noturno, onde já não se tem a influência da radiação direta emitida pelo sol. Resta, então, somente a radiação emitida pela superfície em forma de calor.

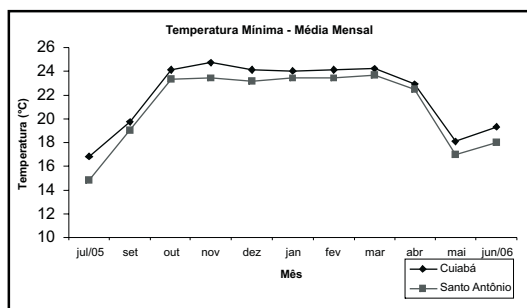


Figura 3 – Gráfico da temperatura mínimas mensal para Cuiabá e Santo Antônio

Os gráficos a seguir mostram uma característica da cidade de Cuiabá, onde no período do verão as temperaturas são mais altas do que no inverno devido à incidência dos raios solares ser mais intensa, pois a inclinação dos raios no período do verão são quase que perpendiculares à superfície, enquanto que no inverno os raios são quase que tangentes à superfície.

Com isso cria-se uma zona de baixa pressão fazendo com que os ventos do sul tragam uma grande quantidade de vapor de água condensado provocando chuvas no verão. Apesar das chuvas, a sensação térmica é de calor após a chuva, pois após tocar a superfície a água das chuvas evapora empurrando o calor contido no solo para a superfície.

No período noturno, nota-se uma maior distinção da influência da morfologia entre os pontos pelos mesmos motivos que explicam a diferença das temperaturas entre as cidades de Cuiabá e Santo Antônio, conforme Figuras 5 e 7.

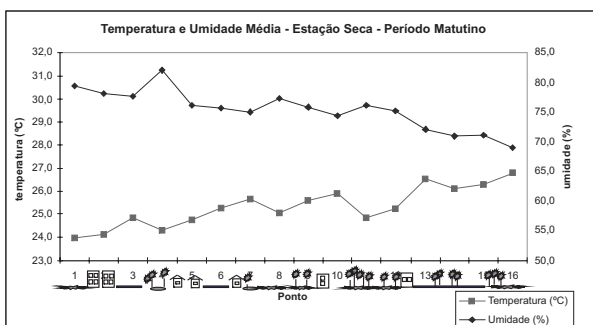


Figura 4 – Gráfico da temperatura e umidade média da estação seca no período da manhã.

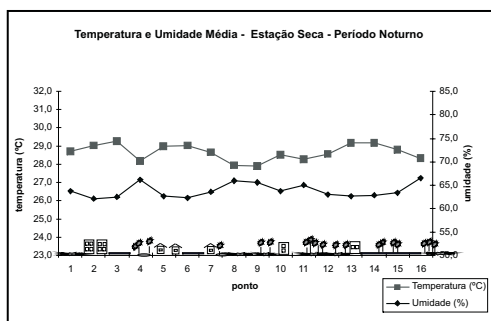


Figura 5 – Gráfico da temperatura e umidade média da estação seca no período noturno.

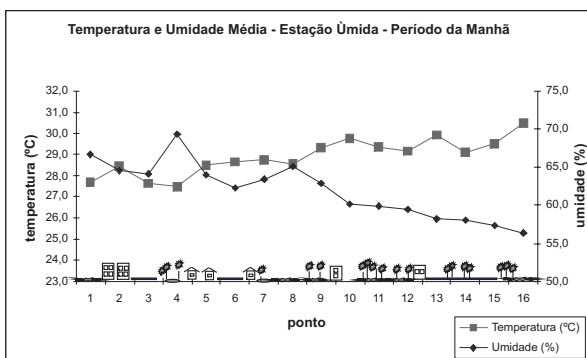


Figura 6 – Gráfico da temperatura e umidade média da estação úmida no período da manhã.

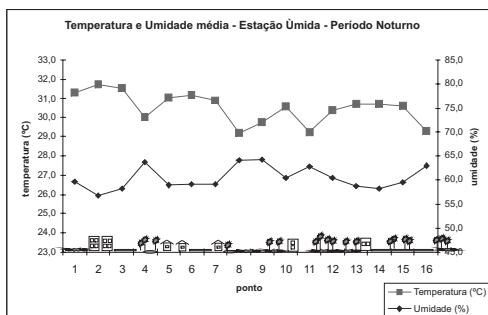


Figura 7 – Gráfico das temperatura e umidade média da estação úmida no período noturno.

Como o dendograma a seguir nos mostra, pode-se agrupar os pontos em 04 (quatro) grupos:

- a) Grupo 1 - Pontos 5, 6, 2, e 7.
- b) Grupo 2 - Pontos 12, 14, 15, 13 e 10.
- c) Grupo 3 - Pontos 8, 9, 11 e 16.
- d) Grupo 4 - Ponto 1, 3 e 4.

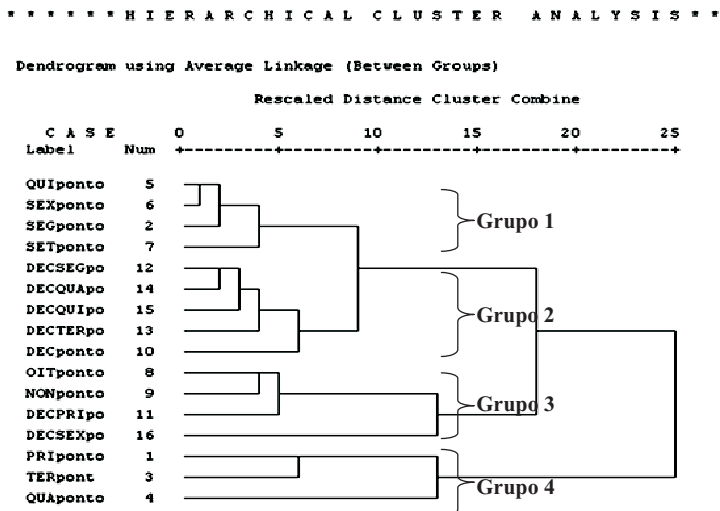


Figura 8 - Dendograma da similaridade entre os pontos conforme o comportamento térmico para a estação úmida.

O grupo 1 possui revestimento flexível (asfalto), pavimento rígido (concreto) e edificações próximas. Já o grupo 2 possui como característica principal a presença de vegetação lenhosa. Para o grupo 3, a característica marcante é a presença de vegetação rasteira próxima aos pontos. Finalmente, para o grupo 4, não existem características em comum.

Conclusão

Através da análise macro e microclimática realizadas chega-se a conclusão de que o objetivo da análise bioclimática no campus da Universidade Federal de Mato Grosso foi alcançado.

Primeiramente com o estudo macroclimático das estações meteorológicas de Cuiabá e de Santo Antônio chega-se a conclusão de que existem indícios de influência da cidade de Cuiabá no clima urbano que pode ser constatada principalmente com os maiores valores de temperatura mínima mensal encontrados para a área urbana.

Em geral, o estudo macroclimático comprova a existência da influência da cidade de Cuiabá no clima urbano, constatada com as temperaturas mínimas mensais coletadas no período noturno, justificando a importância deste estudo e demonstrando a importância das medições microclimáticas realizadas no período noturno, sem a presença da radiação de ondas curtas com um balanço de energia global negativo.

Com a comprovação do estudo macroclimático passou-se, então, as análises microclimáticas dos dezesseis pontos com diferentes conformações. Os pontos locados no campus da UFMT foram analisados para que se possa determinar a influência dos componentes das diferentes malhas urbanas encontradas no interior do campus, e que, também podem ser encontrados na malha urbana da cidade.

Para a análise microclimática realizou-se a metodologia do transector, coletando temperatura e umidade relativa do ar na estação seca e úmida. Os períodos escolhidos para as medições

foi o período da manhã (6:30), para mostrar o comportamento dos pontos com a progressão da radiação solar e também o período noturno, após o pôr-do-sol, onde foi constatada, através do estudo macroclimático, indícios de ilha de calor na cidade podendo ser atribuída somente a dissipação da energia acumulada nas áreas com densidades construídas.

O transector, realizado no período da manhã na estação da seca, mostrou que a crescente radiação solar tende a elevar as temperaturas e conseqüentemente baixar as umidades relativas do ar conforme ocorreram as seqüências das medições.

Para as medições na estação da seca (mês de setembro), no período da manhã, destacaram-se as seguintes constatações:

- A maior amplitude térmica encontrada nas medições ocorreu entre os pontos 10 (entre edificação) e o ponto 11 (pequeno bosque), caracterizando um acréscimo de 2,2°C para a área com densidade construída em seu entorno, mostrando a eficiência da área verde para amenizar o calor nas cidades.
- A maior média das umidades relativas do ar foi encontrada no ponto 4 (zoológico) com presença de superfície de água e vegetação em seu entorno, destaca-se ainda que o ponto 16 mesmo sendo localizado no bosque obteve a menor média das umidades, já que se encontrava no final das medições com um horário avançado, e, conseqüentemente, uma maior radiação solar.

Em relação as medições realizadas na estação seca, no período noturno, pode-se fazer as seguintes conclusões:

- A maior temperatura encontrada foi obtida nos pontos 2 e 3 (31,6°C) que caracterizam-se como área entre edificações, pavimentos e estacionamento respectivamente.

- A maior amplitude térmica foi obtida com a temperatura mínima dos pontos 8 (campo de futebol) e 9 (bosque) com o ponto 14 (via de pavimento flexível), chegando a 1,9°C de acréscimo para esse ponto. Essa constatação mostra a eficiência da vegetação rasteira (grama) como amenizador do rigor climático podendo ser usada nos projetos de urbanização das cidades como um todo e também em estudos específicos no entorno das edificações.
- As maiores médias das umidades relativas do ar foram encontradas nos pontos 16, 4 e 8 que apresentam vegetação em seu entorno, comprovando a eficiência das áreas verdes no aumento da umidade relativa do ar no período noturno através da evapotranspiração. Observa-se ainda a eficiência do gramado no ponto 8 acompanhando o comportamento dos pontos com espécies lenhosas de grande porte.

As medições na estação úmida ocorridas no mês de novembro foram feitas para verificar o comportamento dos dezesseis pontos em relação a temperatura e umidade relativa do ar nos períodos da manhã e noturno.

No período da manhã, na estação úmida, foram constatadas as seguintes situações:

Para o período noturno, na estação úmida, ficaram as seguintes comprovações:

- As quatro maiores quedas nas temperaturas máximas foram alcançadas nos pontos 4, 8, 11 e 16 que correspondem a superfícies com presença de vegetações de diversos tipos atuando como agentes amenizadores em cada microclima.

- A menor amplitude térmica ocorreu entre as temperaturas máximas com 3,8°C de acréscimo do ponto 16 (bosque) para o ponto 2 (entre edificações). Constatase que o ponto 2 possui uma abóbada celeste comprometida dificultando a dissipação do calor de sua superfície.
- Os pontos 4, 8 e 9, que correspondem respectivamente ao zoológico, campo gramado e bosque foram os microclimas de maior umidade relativa do ar e o ponto 2 localizado entre edificações obteve a menor umidade relativa, mostrando que a sensação de conforto nos microclimas urbanos de grande densidade construída pode ficar comprometida pela diminuição da umidade relativa do ar nessas áreas.

Destaca-se que as medições feitas no período noturno na estação úmida apresentaram as diferenças mais significativas de comportamento térmico entre os pontos. Esse fato está relacionado com as elevadas temperaturas nesse período, com a máxima absoluta acontecendo no dia 17 de novembro (dia de medição) e também com a presença de um céu limpo sem formação de nuvens.

As medições para o período de seca (setembro) obtiveram menores diferenças entre os pontos. Isso pode ser atribuído pela atipicidade do mês de medições, já que nesse mês ocorreu a segunda maior precipitação do ano com 84 mm no dia 9, elevando a umidade do ar e diminuindo a instabilidade atmosférica.

Através do programa SPSS e realizando uma análise de Cluster pode-se fazer um agrupamento em um dendograma por similaridade de comportamento térmico dos pontos utilizando as temperaturas médias dos respectivos microclimas.

Com o dendograma da estação seca observou-se que ocorreu um agrupamento maior em relação a seqüência dos pontos e em menor escala o programa agrupou pontos de características morfológicas semelhantes como os pontos 8 e 9 e 11 e 12 ambos

com presença de vegetação. Mostrando que mesmo com espécies diferentes de vegetação o comportamento térmico foi semelhante para esses pontos.

Na estação úmida onde as medições se mostraram mais eficientes o dendograma de similaridade não obedeceu a seqüência das medições. Foram divididos 4 grupos que mostraram semelhanças de comportamento térmico de pontos com vegetação mesmo não fazendo parte da seqüência de medições. Um exemplo foi o agrupamento dos pontos 8, 9, 11 e 16 que apresentam em sua composição a presença de vegetação de espécies variadas e um comportamento com menores temperaturas do ar e de maiores umidades relativas do ar, podendo ser utilizados em um projeto bioclimático para a cidade de Cuiabá e também como pontos de frescor no campus da UFMT.

Em linhas gerais, os pontos com áreas verdes no campus mostraram-se de grande importância em escala microclimática para proporcionar uma sensação térmica agradável aos alunos, funcionários e visitantes da UFMT. Portanto, deve-se fazer um planejamento de crescimento do campus preservando as áreas de conforto térmico.

Agradecimentos

Agradecemos a ELETROBRÁS e a FAPEMAT pelo incentivo e apoio financeiro.

Referências bibliográficas

MAITELLI, G.T. **Uma abordagem Tridimensional do clima urbano em área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT.** Tese (Doutorado em Climatologia) – USP, São Paulo, 1994.

MASSA, H., STAVROPOULOU, E.. **Blioclimatic Design of a multi-functional Building in Viareggio, Italy.** Environmnet & Energy Studies

Programme, Architectural Association Graduate School. PLEA Conference, 1999.

MASCARÓ, L. R. de. **Ambiência Urbana**. 1. ed. **Porto Alegre**: Sagra – D.C. Luzzatto, 1996.

SOUZA, L. C. L.; MATTOS, A.. **Ilha de calor e geometria urbana na cidade de São Carlos/SP**. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1997, Salvador. ANAIS DO IV ENCAC. Salvador,BA: FAUFBA/LACAM/ANTAC, 1997. p. 97-101.

