

## INTERAÇÃO DAS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS E COBERTURA DO SOLO EM REGIÃO URBANA E LIMÍTROFE-URBANA NA CIDADE DE CUIABÁ/ MT

**Carolina de Rezende Maciel**  
Doutoranda em Física Ambiental  
[carolmaciel\\_arq@yahoo.com.br](mailto:carolmaciel_arq@yahoo.com.br)

**Vanessa de Souza Luz**  
Mestre em Física Ambiental  
[vanessa.luz219@gmail.com](mailto:vanessa.luz219@gmail.com)

**Flávia Maria de Moura Santos**  
Professora do Programa  
Pós-Graduação em Física Ambiental  
[flavia\\_mms@hotmail.com](mailto:flavia_mms@hotmail.com)

**Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira**  
Professora do Programa  
Pós-Graduação em Física Ambiental  
[mcianp@gmail.com](mailto:mcianp@gmail.com)

**José de Souza Nogueira**  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Física Ambiental  
[noqueira@ufmt.br](mailto:noqueira@ufmt.br)

### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo geral analisar a interação das variáveis microclimáticas e cobertura do solo em região urbana e limítrofe-urbana na cidade de Cuiabá/ MT. Foram analisadas duas regiões com características distintas, durante os dois períodos climáticos característicos da região: quente-seco e quente-úmido. A Região 01 trata-se do campus da Universidade Federal de Mato Grosso localizado em área central e a Região 02 trata-se do bairro Pedra 90 localizado no limite do perímetro urbano do município. Com base nos dados apresentados, a Região 02 apresentou temperaturas mais amenas e maior umidade diante de equivalente radiação solar. No entanto, a Região 02 apresenta valores semelhantes à Região 01 nos horários de maior incidência solar, apresentando baixa inércia térmica.

**Palavra-chave:** Clima urbano. Bioclimatologia. Cobertura do solo.

### INTERACTION OF MICROCLIMATIC VARIABLES AND GROUND COVER AT URBAN AND LIMITROPHE-URBAN AREA IN THE CITY OF CUIABÁ-MT

### ABSTRACT

This work has the purpose to analyze the interaction of microclimate variables and land cover in urban and limitrophe-urban area of Cuiabá / MT. Two regions with different characteristics were analyzed during the two climatic periods characteristic of the region: hot-dry and hot-humid. The Region 01 regards to the campus of Federal University of Mato Grosso located in downtown area of the city, while the Region 02 is the neighborhood called Pedra 90 located at the limit of the urban area of the city. Based on the presented data, the Region 02 showed lower temperatures and higher relative humidity under equivalent values of solar radiation. However, the Region 02 presents similar values to Region 01 regarding to temperature and relative humidity during periods of intense solar radiation, presenting low thermal inertia.

**Keywords:** Urban Climate. Bioclimatology. Ground cover.

---

Recebido em 20/03/2014  
Aprovado para publicação em 10/07/2014

## INTRODUÇÃO

Segundo o relatório da UNFPA (Fundo de População das Nações Unidas) de 2011, a população mundial atingiu 7 bilhões de habitantes em 2011 e poderá aumentar para 9,3 bilhões até 2050. O crescimento populacional é esperado, no entanto, preocupante. Há muito alarde sobre como o planeta comportará tanta gente, principalmente em relação às condições básicas de vida como saneamento básico, alimentação e moradia.

As cidades estão em crescimento buscando acompanhar esse ritmo global com grande parte dessa população vivendo em áreas urbanas. Esse crescimento ocorre muitas vezes de forma desordenada, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil.

Ribeiro (2004) aponta que os principais problemas das cidades brasileiras são de ordem social, econômica e institucional. A dificuldade de acesso a terra por parte dos mais pobres, ao longo de muitos anos, culminou na proliferação de áreas urbanas informais. Verificam-se o crescimento físico elevado das manchas de ocupação, principalmente em torno de metrópoles, com adensamento excessivo de áreas desprovidas de infraestrutura urbana e equipamentos sociais, e o agravamento da situação de informalidade da ocupação do solo urbano, com favelização e ocupações irregulares – um nítido comportamento de segregação social. Em paralelo, pontuam vazios urbanos dotados de infraestrutura como retenção especulativa do solo. No conjunto, esses processos provocam agressão ao meio ambiente urbano, com comprometimento dos recursos naturais e da qualidade de vida dos habitantes.

No entanto, muitas das construções regulares acontecem sem planejamento. Não há preocupação com o quanto as escolhas e decisões tomadas impactarão em seus moradores. Para o crescimento da cidade, ocupa-se desordenadamente o solo urbano e aumentam-se as áreas construídas, o que, juntamente com o grande adensamento populacional, a redução das áreas verdes e a poluição atmosférica, causam alterações no microclima que podem prejudicar o conforto ambiental. Como consequência, há o aumento da temperatura, a diminuição da umidade do ar e mudança na direção dos ventos. O conforto nas áreas externas fica comprometido, uma vez que as pessoas remediaram o desconforto condicionando os espaços internos, aumentando conseqüentemente a demanda de energia elétrica.

A evolução das cidades envolve modificações quantitativas e qualitativas nas atividades urbanas e, como consequência, surge a necessidade de adaptação dos espaços necessários para o desenvolvimento dessas atividades. Estas adaptações dos espaços envolvem, em grande parte, a alteração da cobertura natural das superfícies através da substituição de áreas vegetadas por pavimentos asfálticos e concreto.

Apesar das diversas pesquisas realizadas na área de climatologia urbana, ainda há muito a ser feito para ser possível relacionar com exatidão as consequências das alterações do ambiente causadas pelas transformações urbanas no microclima e o quanto essas transformações influenciam no conforto ambiental.

A cidade de Cuiabá, capital de Mato Grosso, possui um rigor climático constante quase o ano todo e é visível o crescimento desordenado e falta de planejamento. É importante considerar medidas de planejamento bioclimático baseado no microclima local em que a cidade está inserida para que problemas atmosféricos urbanos resultantes do crescimento demográfico possam ser mitigados, além da adoção de medidas preventivas relativas à esta questão.

O objetivo deste artigo é relacionar os padrões de cobertura do solo com o comportamento de variáveis microclimáticas em áreas urbanas localizadas no município de Cuiabá/MT.

Este trabalho teve como local de estudo a região da Universidade Federal de Mato Grosso e a região do bairro Pedra 90 e pretende ser uma contribuição aos estudos de climatologia urbana e além de auxiliar no desenvolvimento de projetos bioclimáticos e escolhas de estratégias para mitigar o rigor climático de cidades com clima tropical como Cuiabá/MT.

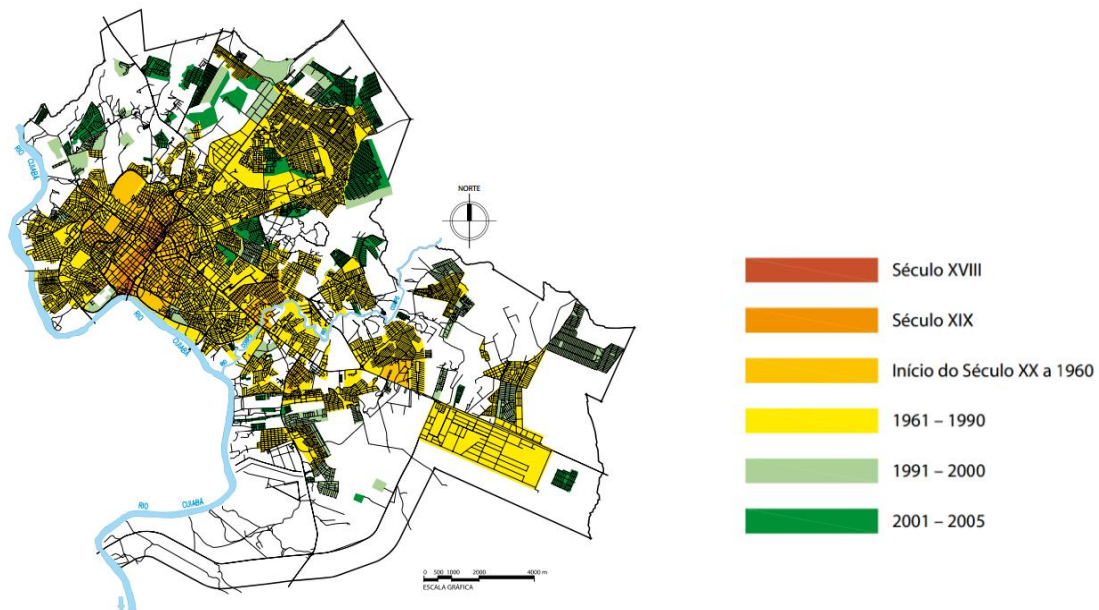
## MATERIAL E MÉTODOS

### CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - CIDADE DE CUIABÁ

Ao longo de sua história, a cidade de Cuiabá passou por diversas fases de fluxo e de refluxo populacional, resultando em uma expansão descontínua do espaço urbano. Entre os anos de

1970 e 2000, a área urbana, que era de 1,2 mil hectares, passou para 25,1 mil hectares (Figura 1); e o número de bairros passou de 18 para 115.

**Figura 1.** Evolução Urbana de Cuiabá

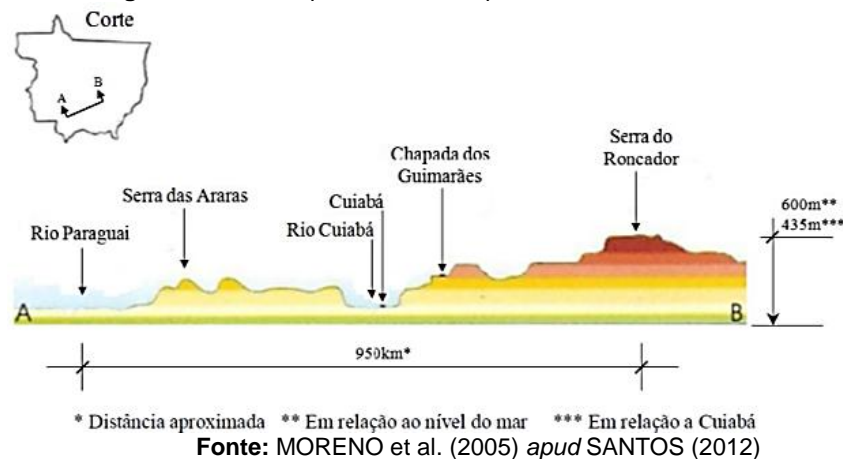


**Fonte:** CUIABÁ, (2011).

Observa-se, portanto, na Figura 1 a forma urbana resultante das diversas transformações urbanas sofridas por Cuiabá ao longo de sua história, somadas às ações de caráter recente (vazios urbanos devido à especulação imobiliária). Desta maneira, destaca-se que o microclima desta região será decorrente das interações entre as variáveis microclimáticas e esta forma urbana resultante.

De acordo com o Censo (IBGE, 2010), o município de Cuiabá possui área de 3.495,424km<sup>2</sup>, sendo que 254,57km<sup>2</sup> correspondem à macrozona urbana de acordo com a Lei n.º 4.719/04. (CUIABÁ, 2011). Em 2010, possuía 551.098 habitantes, sendo que 1,86% correspondem aos moradores da área rural.

**Figura 2.** Corte Esquemático do Mapa Físico de Mato Grosso



O município situa-se na província geomorfológica denominada Baixada Cuiabana, onde predominam relevos de baixas amplitudes. Devido à esta configuração, são registrados baixos valores de velocidade do vento, que agravam a sensação de desconforto térmico por calor experimentado na cidade. Na área urbana as altitudes variam de 146 a 259 metros, (Figura 2).

Bustos Romero (2007) aponta as características do clima quente-seco representativas do clima de Cuiabá. Durante o dia, as temperaturas máximas alcançam valores mínimos na madrugada. O clima apresenta, em geral, duas estações: uma seca e outra úmida. As chuvas não alcançam os valores de umidade característicos das regiões tropicais-úmidas. Há pouca radiação difusa em virtude da baixa umidade. A radiação direta é intensa. A umidade relativa do ar é baixa. As massas de ar quente conduzem partículas de poeira em suspensão nos seus deslocamentos durante o período seco.

#### **DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

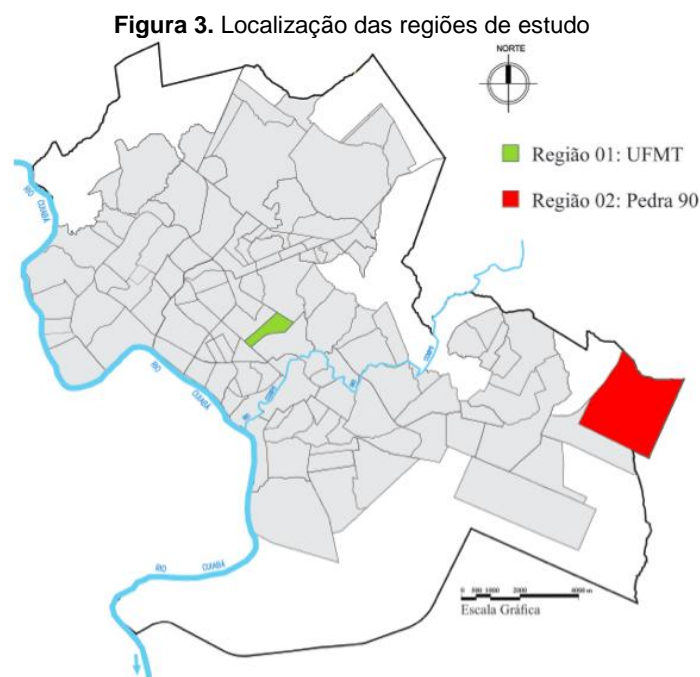
O objetivo deste artigo é relacionar os padrões de cobertura do solo com o comportamento de variáveis microclimáticas em áreas urbanas localizadas no município de Cuiabá/MT. Desta forma, inicialmente foi necessária a determinação dos pontos a serem estudados, descritos na seção "Área de estudo". Nestas áreas foram coletados dados micrometeorológicos (descritos na seção "Protocolo de Medições"), e também foram desenvolvidos mapas temáticos, seguindo a metodologia descrita por Katzschner (1997).

O método de Katzschner (1997) consiste em uma análise do espaço urbano considerando as condições do clima urbano por meio de uma descrição qualitativa do espaço e de um sistema de classificação baseado nos padrões térmicos e dinâmicos, em relação à sua topografia, ao uso do solo, às áreas verdes e à altura dada às edificações, seguido por uma descrição quantitativa do espaço. Ainda segundo o autor, para caracterizar o clima urbano é necessário identificar os efeitos da área edificada e das áreas verdes em geral e a tipologia da área edificada (densidade, número de pavimentos, etc.), que são, portanto, descritos em mapas temáticos.

Desta forma, buscou-se relacionar as características das porções em estudo (apresentadas em forma de mapas temáticos, na seção "Resultados e Discussão"), com o comportamento dos dados micrometeorológicos coletados em estações localizadas nestas áreas. Por fim, utilizou-se o teste T com o objetivo de comparar as duas regiões em estudo, relacionando-as com as variáveis microclimáticas temperatura do ar e umidade do ar.

#### **ÁREA DE ESTUDO**

As áreas das quais se tratam este trabalho estão localizadas no município de Cuiabá/MT: a Universidade Federal de Mato Grosso denominada como Região 01 e o Bairro Pedra 90, denominado como Região 02 (Figura 3).



Fonte: Adaptado de CUIABÁ (2007).

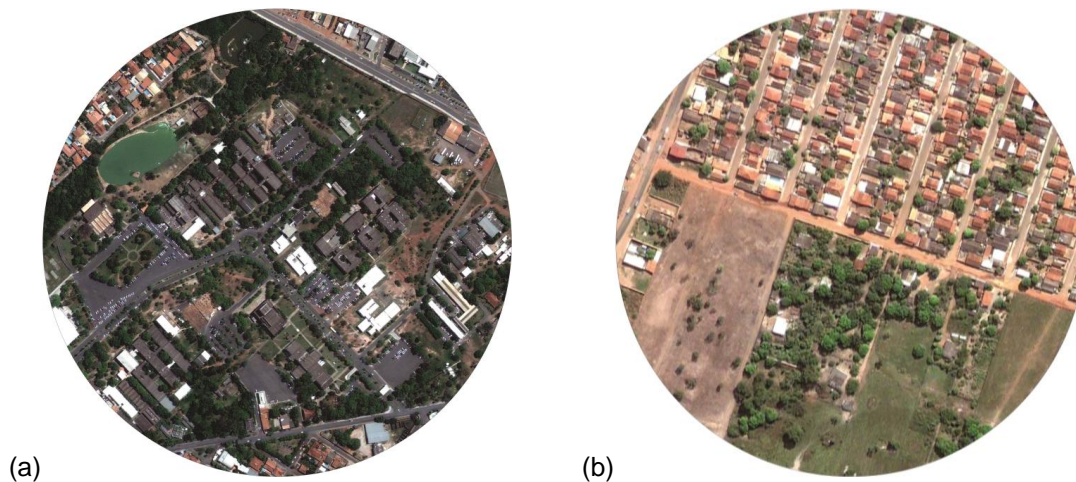


### a) Região 01 – UFMT

Localizado na Av. Fernando Correa da Costa, o campus da UFMT-Cuiabá é uma cidade universitária com infraestrutura e equipamentos urbanos. Difere-se de seu entorno por ter baixa densidade demográfica, abrigando edificações extensas horizontalmente implantadas de maneira esparsa, com predominância de áreas verdes em todo o campus (Figura 4-a).

A Região é contornada por vias de grande fluxo de veículos (Av. Fernando Correa da Costa e Avenida Jorn. Arquimedes Pereira Lima) e em menor escala por vias coletoras (Av. Brasília no bairro Jardim das Américas e Rua 01 no bairro Boa Esperança). Trata-se de uma região de entorno altamente edificado com *shopping center*, bancos, supermercados e comércio diversos, além da própria universidade e contando, ainda com diversas edificações multifamiliares compostas por mais de vinte pavimentos no bairro Jardim das Américas.

**Figura 4.** Regiões (a) 01 – UFMT (em 30/09/2009) e (b) 02 - Pedra 90 (em 01/06/2010)



Fonte: GeoEye – Google Earth

### b) Região 02 – Pedra 90

De acordo com Cuiabá (2011), o bairro Pedra 90 foi criado em 1996 como plano emergencial de habitação, sendo uma área predominantemente residencial, situada limítrofe ao perímetro urbano do município. Está localizada a 11 km em linha reta da região 01 e a 20 km do centro da cidade, apresentando áreas de baixa densidade demográfica em seu entorno (Figura 4-b).

Diferente da Região 01, o entorno da Região 02 encontrou-se minimamente adensado, tratando-se de uma “ilha” edificada cercada por áreas de expansão do município onde a cobertura do solo é predominantemente de vegetação rasteira e solo descoberto.

#### **PROTOCOLO DE MEDIÇÕES**

Tanto na Região 01 (UFMT), quanto na Região 02 (Pedra 90), foram instaladas estações micrometeorológicas para coleta de dados das condições climatológicas (umidade relativa, temperatura e radiação solar) durante seis meses (Tabela 1). Os dados coletados foram registrados em seus determinados consoles e posteriormente foram organizados com registro a cada cinco minutos de ambas as estações.

**Tabela 1.** Períodos de coletas de dados

	<b>Estação</b>	<b>Período de coleta</b>
1. <sup>a</sup> medição	Quente-seca	01/08/2011 a 31/10/2011
2. <sup>a</sup> medição	Quente-úmida	01/03/2012 a 28/05/2012

Segundo Maitelli (1994), a estação quente-seca encontra-se entre maio e setembro e a estação quente-úmida situa-se entre outubro e abril. No entanto, escolheu-se utilizar o período agosto-outubro / março-maio, para analisar o período de transição entre as estações.

A estação micrometeorológica utilizada na Região 01 (UFMT) é composta pelo Conjunto de Sensores Integrados (ISS) modelo Vantage Pro 2 Plus, da marca Davis Instruments. O equipamento coletou os dados das condições atmosféricas. Os dados foram enviados para o console da Vantage Pro2 por rede sem fio e são transferidos para o computador através de um cabo serial. A estação foi implantada no bloco de Pós-Graduação em Física Ambiental (15°36'31"S e 56°3'47"O) a quatro metros de altura.

A estação micrometeorológica utilizada na Região 02 (Pedra 90) é da marca HOBO®. O equipamento coletou os dados das condições meteorológicas que foram enviados para o *DataLogger*. Os dados registrados puderam ser transferidos para o computador através de um cabo USB ou através da internet. A estação foi implantada em uma edificação residencial (15°38'S e 55°57'43"O) a dois metros de altura.

De acordo com a metodologia de Oke (2004), para medidas realizadas dentro de áreas urbanas a cada metro que a estação estiver afastada do solo, seu raio de abrangência aumenta em cem metros, dessa forma, com a estação instalada a dois metros do nível do solo, seu raio de abrangência corresponde a 200 metros, como é o caso da Região 02 (Pedra 90). Da mesma forma, a estação da Região 01 (UFMT) foi instalada a quatro metros do nível do solo e seu raio de abrangência corresponde a 400 metros. Apesar das duas estações estarem em alturas diferentes, no presente estudo foram exploradas as relações entre as duas regiões considerando-se que ambas estão localizadas no que Oke (1978) descreve como "dossel urbano" (urban canopy layer - UCL), ou seja, a camada localizada abaixo do nível das coberturas das edificações.

O mapeamento do atributos de cobertura do solo das regiões em estudo foi realizado com o objetivo de quantificar as categorias de materiais que compõem o solo urbano. Para o desenvolvimento destes mapas temáticos, de acordo com a metodologia de Katzschner (1997), foram utilizadas imagens do satélite GeoEye obtidas através do software Google Earth datadas de 30/9/2009 da Região 01 e 01/06/2010 da Região 02.

#### ANÁLISE ESTATÍSTICA

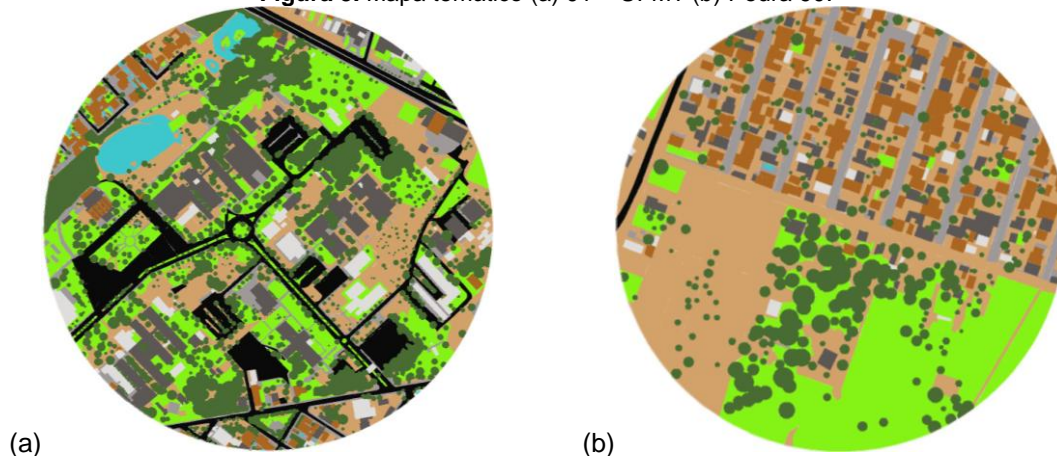
O teste T foi utilizado para comparar as regiões estudadas relacionando-as às variáveis microclimáticas: temperatura e umidade do ar, posteriormente verificou-se a normalidade dos resíduos através do teste de Shapiro-Wilk. Essas análises estatísticas foram realizadas através do software R, versão 3.0.0 (R Core Team, 2012).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### a) Mapa Temático Geral

Na Figura 05 são apresentados os mapas temáticos com a respectiva quantificação da cobertura do solo (Tabela 2), para a Região 01 (Figura 05-a) e Região 02 (Figura 05-b).

Figura 5. Mapa temático (a) 01 – UFMT (b) Pedra 90.



Fonte: GeoEye – Google Earth

**Tabela 2.** Quantificação das áreas de cobertura do solo Região 01 e Região 02.

Categorias	Região 01	Região 02
	(%)	(%)
asfalto	14,77	0,68
telhado escuro	8,86	5,73
concreto	7,75	8,68
telhado brilhante	4,24	1,52
cobertura cerâmica	2,84	11,23
solo descoberto	17,65	37,04
vegetação arborea	24,58	14,54
vegetação rasteira	16,72	20,54
superfície aquosa	2,60	0,03

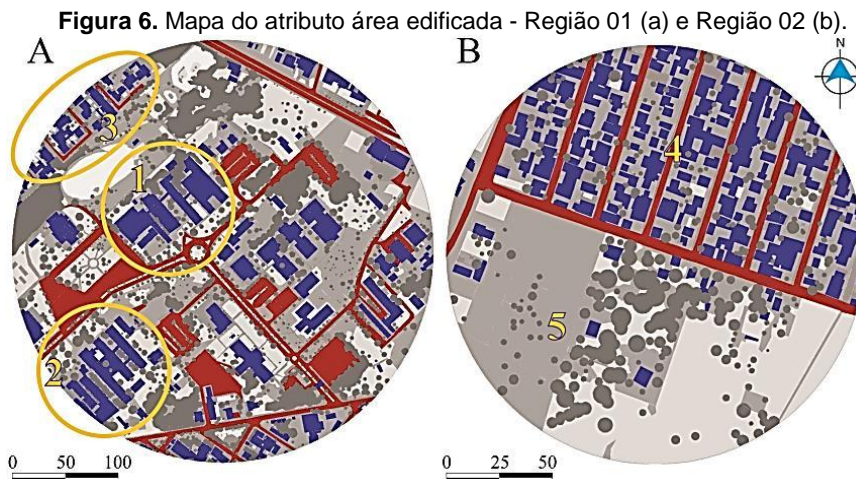
É importante apontar que as ruas pavimentadas no bairro Pedra 90 foram consideradas como concreto na segmentação das categorias de cobertura do solo, e não como asfalto, pois as ruas estavam bastante desgastadas, apresentando, em termos de albedo, característica similar ao concreto. Dessa forma a abrangência dessa categoria apresentou valores semelhantes nas duas regiões estudadas.

Na Região 01 (UFMT), a categoria asfalto compreende 14,77% da área total estudada, isto deve-se ao fato deste ser o material de revestimento das vias de tráfego, sendo também aplicado nas áreas de estacionamento. Enquanto que na Região 02 (Pedra 90) tem-se apenas a via principal asfaltada, contabilizando 0,68% de asfalto.

Para compor a descrição das áreas estudadas para a realização de uma análise quantitativa do espaço, foram elaborados quatro mapas das áreas de estudo para cada um dos seguintes atributos: área edificada, uso do solo, altura das edificações e áreas verdes.

#### b) Mapa Temático - Área Edificada

Na Figura 6 é apresentado o mapa de área edificada. Os valores de cada categoria são apresentados na tabela 3.



**Tabela 3.** Quantificação das áreas para região 02 e Região 02 - Área edificada

Categorias	Região 01	Região 02
Área edificada	15,94%	18,48%
Vias existentes	14,77%	8,68%
Área não edificada	69,29%	72,84%



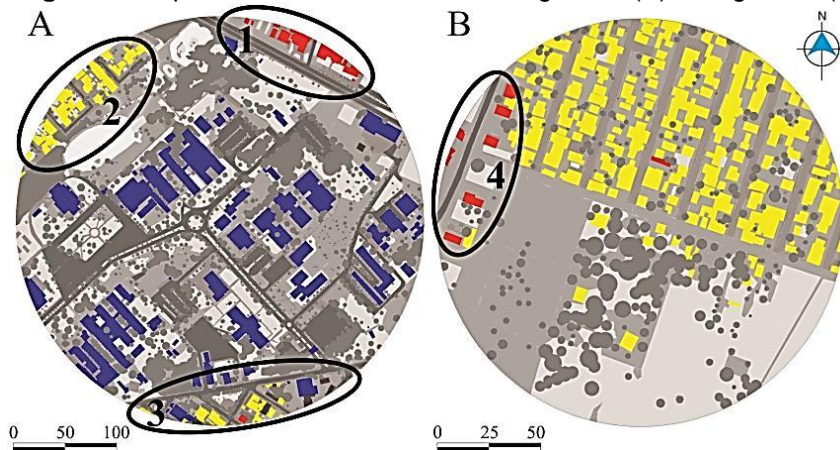
Na Figura 6 observa-se campus da UFMT – Cuiabá, com destaque para concentração de edificações (assinaladas com 1, 2) e áreas de estacionamento compostas principalmente por superfície asfáltica (assinaladas em vermelho). Na área assinalada com 3 é possível observar uma concentração de edificações pertencente ao bairro vizinho (Jardim das Américas).

Já a Região 02 – Pedra 90 (Figura 6-b) apresenta predominantemente edificações residenciais, concentradas na área assinalada com 4, enquanto que, na área assinalada com 5, nota-se baixa densidade habitacional.

### c) Mapa Temático - Uso do Solo

Como pode ser observado na Figura 7, a maioria das edificações da Região 01 (UFMT) é classificada como institucionais (assinaladas em azul). O campus possui pouca densidade demográfica, pois a população é flutuante (não residem no local). Pode-se observar na Figura 7-a na Região 01 as edificações marcadas em vermelho identificadas por “1” são comerciais enquanto as assinaladas com “2” e “3” são predominantemente residenciais, com pontos institucionais (igrejas).

**Figura 7.** Mapa do atributo uso do solo - Região 01 (A) e Região 02 (B).



Na Região 02: Pedra 90, a predominância da região é de edificações residenciais, no entanto, há várias edificações comerciais (número “4”, Figura 7-b), localizadas ao longo da via principal de acesso. Não foram identificadas edificações institucionais.

**Tabela 4.** Quantificação das áreas para região 02 e Região 02 - Uso do Solo.

Categorias	Região 01	Região 02
Institucional	82,32%	0,00%
Residencial	13,16%	96,25%
Comercial	4,51%	3,75%

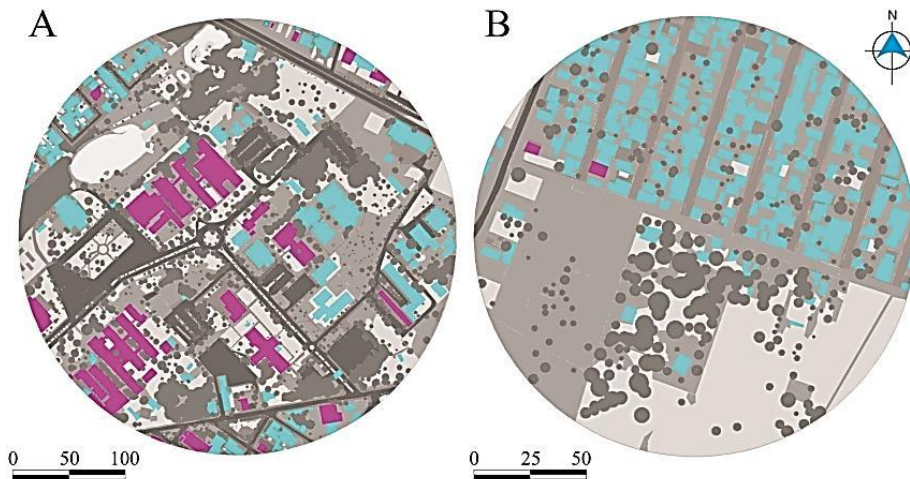
### d) Mapa Temático - Altura das Edificações

O mapa do atributo altura das edificações categoriza as edificações de acordo com seu gabarito. Foram consideradas como categorias edificações térreas e edificações com dois ou mais pavimentos. Não foram identificadas nas áreas estudadas edificações com mais de quatro pavimentos.

Na Região 01 (Figura 8-a) observa-se a existência de várias edificações térreas, no entanto, a maioria das edificações possui dois ou mais pavimentos. Na Região 02 – Pedra 90 (Figura 8-b) as edificações com dois pavimentos eram do tipo sobrado, característica correspondente à zona residencial. As outras edificações eram predominantemente térreas. Não havia edificações com mais de dois pavimentos.



**Figura 8.** Mapa do atributo altura das edificações - Região 01 (a) e Região 02 (b).



**Tabela 5.** Quantificação das áreas para região 01 e Região 02 - Altura das Edificações

Categorias	Região 01	Região 02
02 ou mais pavimentos	47,95%	1,23%
Edificação térrea	52,05%	98,77%

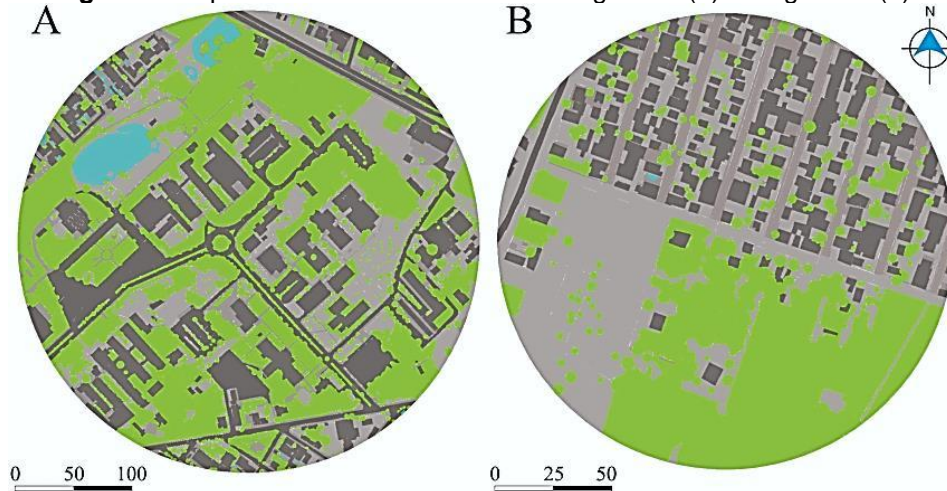
#### e) Mapa Temático - Áreas Verdes

O último atributo analisado diz respeito às áreas verdes que inclui área de vegetação arbórea e rasteira como forrações e gramados. Foram identificadas ainda as áreas de superfície aquosa.

Na Região 01 (Figura 9-a) a grande quantidade de árvores é um dos motivos pelo qual as vias da UFMT são muito utilizadas para prática de esportes como caminhada e corrida, servindo ainda como proteção solar aos passantes.

A região abriga a maior porção de área vegetada em relação a sua vizinhança, principalmente devido às áreas de preservação próximas ao córrego local. A superfície aquosa presente nessa região refere-se ao lago situado no interior do zoológico e às piscinas das edificações residenciais do bairro adjacente.

**Figura 9.** Mapa do atributo áreas verdes - Região 01 (a) e Região 02 (b).



A maior parte da área vegetada na Região 02 – Pedra 90 (Figura 9-b) pertence a uma grande área não loteada. Há em boa parte das edificações a presença de poucos indivíduos arbóreos.

**Tabela 6.** Quantificação das áreas para região 02 e Região 02 - Áreas Verdes

Categorias	Região 01	Região 02
Área vegetada	41,30%	35,08%
Superfície aquosa	2,60%	0,03%
Área não edificada	56,10%	64,89%

### MICROCLIMA LOCAL

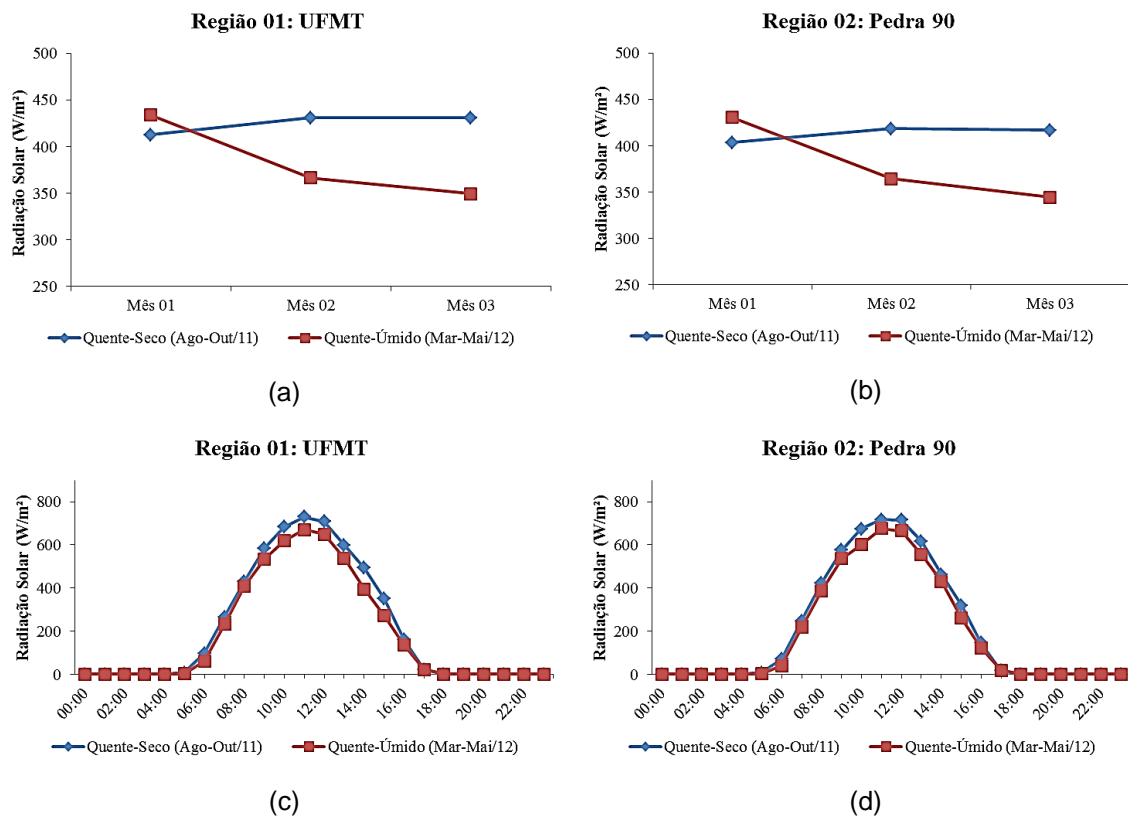
Entre os dias 01/08/2011 a 31/10/2011 e 01/03/2012 a 28/05/2012 foram coletados dados de radiação solar, temperatura e umidade do ar. Os meses de agosto, setembro e outubro caracterizam a estação seca, enquanto os meses de março, abril e maio representam a estação úmida.

#### a) Radiação Solar

Em relação aos dados de radiação solar coletados, levando em consideração as médias mensais (Figura 10-a e 10-b), referentes ao período com incidência solar, ou seja, das 6 às 17 horas, as regiões receberam valores semelhantes de radiação solar, apresentando o mesmo comportamento ao longo dos meses nos dois períodos estudados.

Observou-se que no **período quente-seco** que os valores máximos atingidos foram, em média, de 550 a 770W/m<sup>2</sup> na Região 01 e 570 a 730W/m<sup>2</sup> na Região 02. Esses valores foram coletados entre 09 e 13 horas.

**Figura 10.** Médias mensais (a,b) e médias diárias (c,d) de radiação solar para os períodos estudados na Região 01 (UFMT) e Região 02 (Pedra 90).



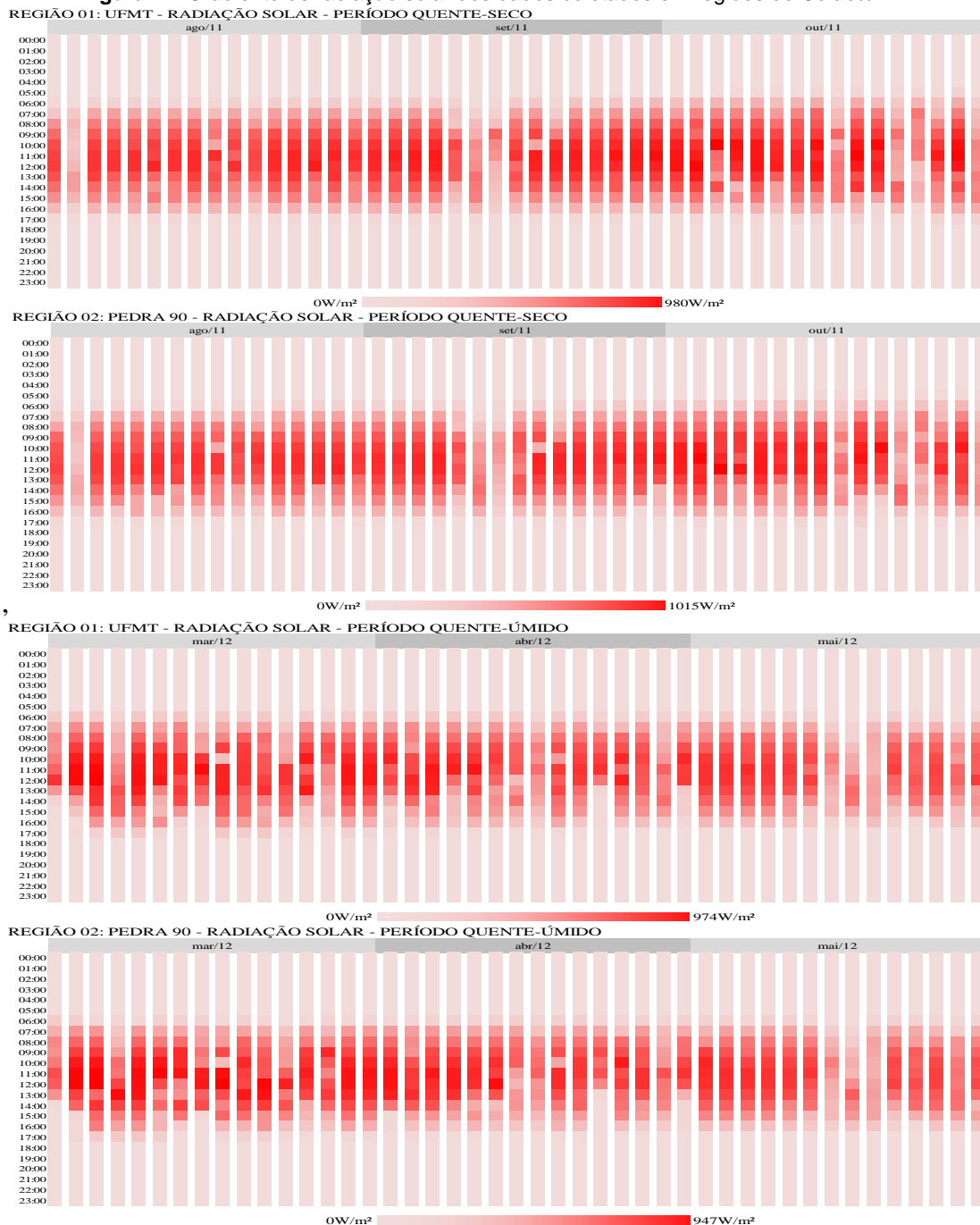
No **período quente-úmido**, os valores máximos atingidos de radiação solar, em média, na Região 01 encontraram-se entre 490 e 790W/m<sup>2</sup> e na Região 02 entre 470 a 790W/m<sup>2</sup>

coletados entre 09 e 13 horas. Notou-se através das médias horárias que a Região 01 recebeu maiores taxas de radiação solar ao longo do dia do que a Região 02, no entanto, essas diferenças são pouco significativas (Figura 10-c e 10-d).

Na Figura 11 é apresentado o comportamento diário da variável radiação solar, sendo as Figuras 11-a e 11-c referentes à Região 01 (UFMT) e 11-b e 11-d referentes à Região 02 (Pedra 90) - para os períodos quente-seco e quente-úmido, respectivamente.

A radiação solar apresentou comportamento semelhante nas duas regiões nos períodos estudados, pois as regiões encontram-se na mesma latitude. Os valores menores de radiação solar no período quente-úmido podem ser relacionados, principalmente, pela presença maior de nuvens, causando a dissipação da radiação direta.

**Figura 11.** Gradiente de radiação solar dos dados coletados em regiões de Cuiabá/MT.

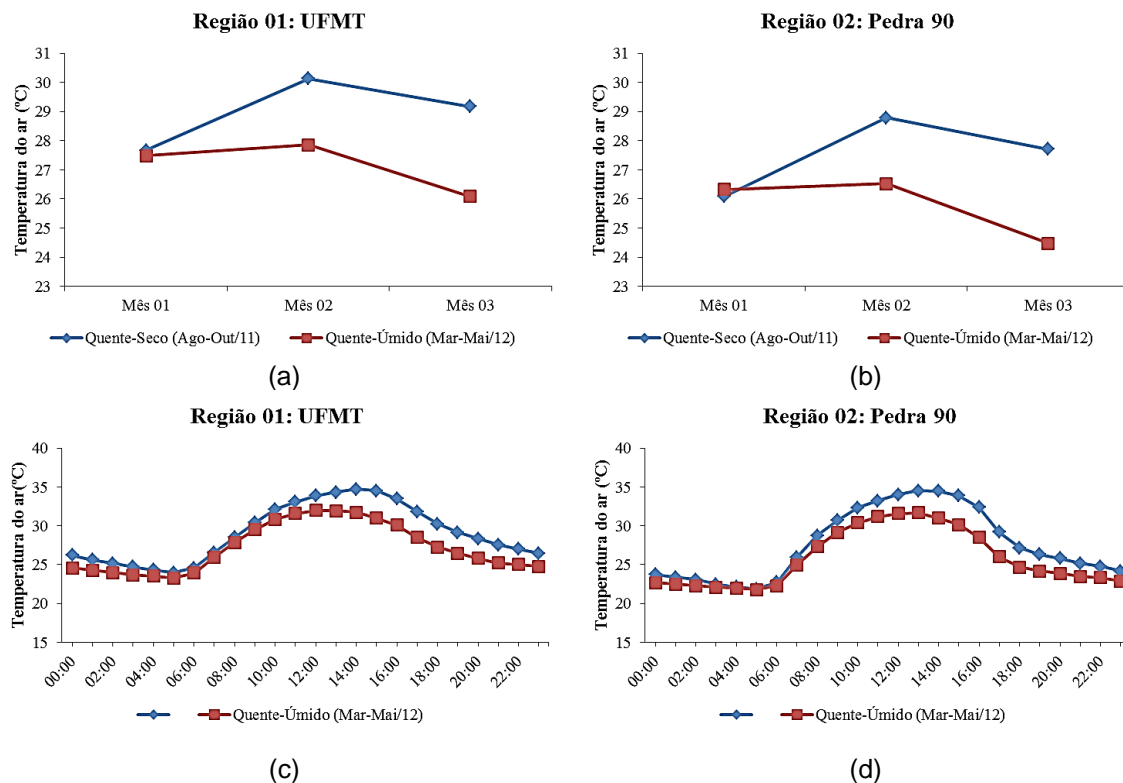


## b) Temperatura do Ar

No **período quente-seco**, os valores máximos atingidos de temperatura do ar foram, em média, de 33 a 37°C na Região 01 e Região 02 coletados entre 12 e 14 horas. Setembro mostrou-se o mês com temperaturas mais elevadas no período, tanto na Região 01 quanto na Região 02. Já o mês de agosto apresentou uma grande amplitude térmica, com dias apresentando temperaturas abaixo da média (11°C) no início do dia e em outros dias registrando altas temperaturas (39°C).

Na Região 01 (UFMT) os maiores valores registrados de temperatura foram de 34°C às 14 e 15 horas de agosto, 36,5°C às 14 horas de setembro e 33,8°C às 13 horas de outubro. Na Região 02 (Pedra 90) os maiores valores de temperatura foram de 34°C às 14 horas em agosto, 36,6°C às 14 horas em setembro e 33°C às 13 horas em outubro.

**Figura 12.** Médias mensais (a,b) e médias diárias (c,d) de temperatura do ar para os períodos estudados na Região 01 (UFMT) e Região 02 (Pedra 90)



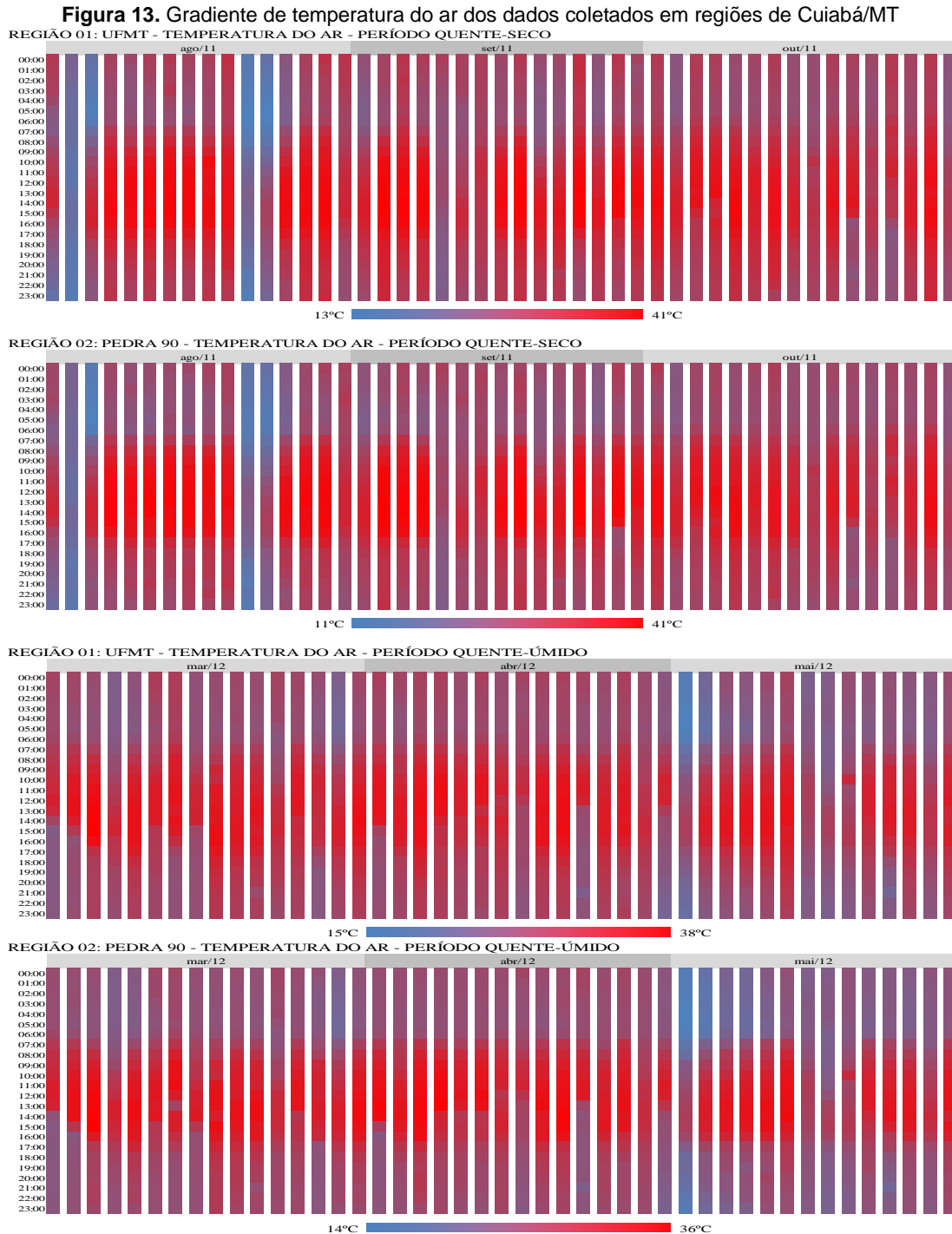
Os valores máximos atingidos no **período quente-úmido** foram, em média, de 31°C a 33°C na Região 01 e Região 02 coletados entre 11 e 14 horas. Abril mostrou-se o mês com temperaturas mais elevadas no período estudado em ambas as regiões.

Na Região 01 (UFMT) os maiores valores registrados de temperatura foram de 32,9°C às 13 horas de março, 32,3°C às 11 horas de abril e 31,6°C às 14 horas de maio. Na Região 02 (Pedra 90), os maiores valores de temperatura foram de 32,3°C às 13 horas em março, 32,2°C às 12 horas em abril e 31,1°C às 14 horas em maio. Através do gradiente (Figura 13) foi possível visualizar o comportamento da temperatura do ar ao longo dos períodos estudados.

Observou-se que a Região 01 (UFMT) apresentou valores maiores de temperatura no início do dia e a partir do fim da tarde. Durante o período de maior incidência solar, a Região 02 possui as maiores temperaturas, no entanto, as diferenças de valores são pouco significativas.

A maior diferença foi de 3,1°C às 18 horas e a menor diferença foi de 0,1°C às 14 horas no período quente-seco. No período quente-úmido a maior diferença foi de 2,3°C às 18 horas, às 12 horas as regiões estudadas apresentam, em média, os mesmos valores de temperatura.





Notou-se que a Região 02 (Pedra 90) apresentou uma variação de temperatura mais rápida, isto é, na presença de radiação solar, a Região 02 teve sua temperatura elevada com maior rapidez do que a Região 01 (UFMT).

Por outro lado, a radiação que incide sobre os materiais que compõem a cobertura do solo é absorvida e refletida pelos mesmos. A quantidade de radiação refletida é proporcional ao albedo de cada superfície. Superfícies escuras e rugosas tem um albedo menor, o que se traduz em baixa refletividade de radiação e em alta absorção da radiação nelas incidentes ocasionando aumento de temperatura. O aumento da temperatura da superfície aumenta a temperatura do ar imediatamente próximo a ela e por convecção aumenta a temperatura do ar nas camadas mais altas.

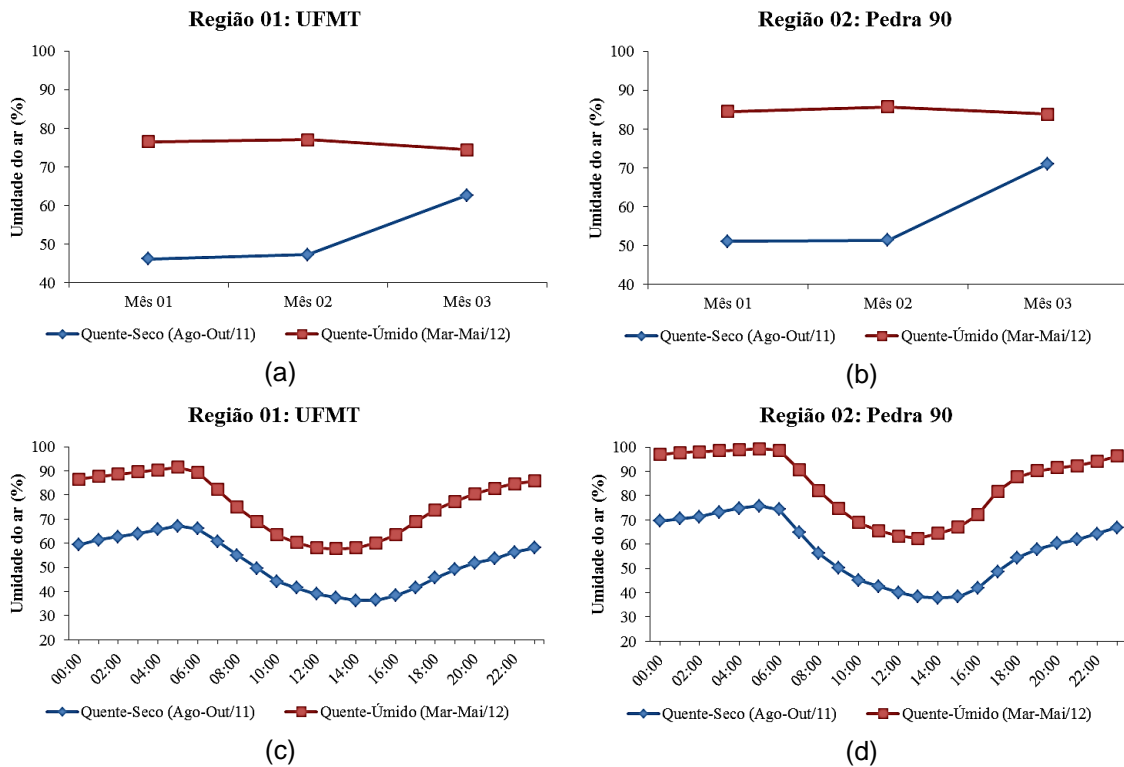
Por isso, acredita-se que o fato da Região 01 (UFMT) apresentar valores maiores de temperatura no início do dia e a partir do fim da tarde possam indicar sinais da presença de ilha de calor urbana. Como pode-se observar nas Figuras 5-9, a Região 01 (UFMT) possui maior área de cobertura do solo ocupada por materiais característicos do meio urbano como o concreto e o asfalto, no quais a energia térmica demora mais tempo para ser dissipada. A Região 02 (Pedra 90), por sua vez, possui menor quantidade destes materiais, permitindo que a energia térmica seja dissipada com maior rapidez.

Verificou-se, de acordo com a Figura 13, que no período quente-úmido as manhãs e noites mostraram-se com temperaturas mais amenas. Nos horários com incidência solar, as temperaturas no período quente-seco foram mais elevadas. Nota-se ainda, na Figura 13, que o período quente-seco apresenta os dias mais frios dos períodos analisados.

### c) Umidade do ar

No período quente-seco (Figuras 14-a-b), os meses de agosto e setembro mantiveram as taxas de umidade do ar equivalentes, enquanto o mês de outubro apresentou taxas maiores. Comparando os meses de agosto e setembro, tem-se que agosto foi o mais “seco” na maior parte do dia, enquanto o mês de setembro apresentou as menores taxas de umidade a partir do período vespertino a partir das 13 e 14 horas.

**Figura 14.** Médias mensais (a,b) e médias diárias (c,d) de umidade do ar para os períodos estudados na Região 01 (UFMT) e Região 02 (Pedra 90)



Apesar de agosto apresentar as menores taxas de umidade em relação aos outros meses analisados na maior parte do dia, o mês de setembro apresentou as taxas mais extremas. O menor valor coletado correspondente a 30,5%, em média, ocorreu no mês de setembro, às 15 horas. O valor mais alto coletado no mês de setembro não ultrapassou 65%, em média. A taxa mais alta, do período quente-seco analisado foi registrada no mês de outubro às 05 horas, correspondendo a 76,7%.

Na Região 02 (Pedra 90), o menor valor coletado correspondente a 30,4%, em média, ocorreu no mês de setembro, às 14 horas enquanto que o valor mais alto coletado foi de 71,7%, em média, às 05 horas. A taxa mais alta foi registrada no mês de outubro às 05 horas, correspondendo a 88,6%.

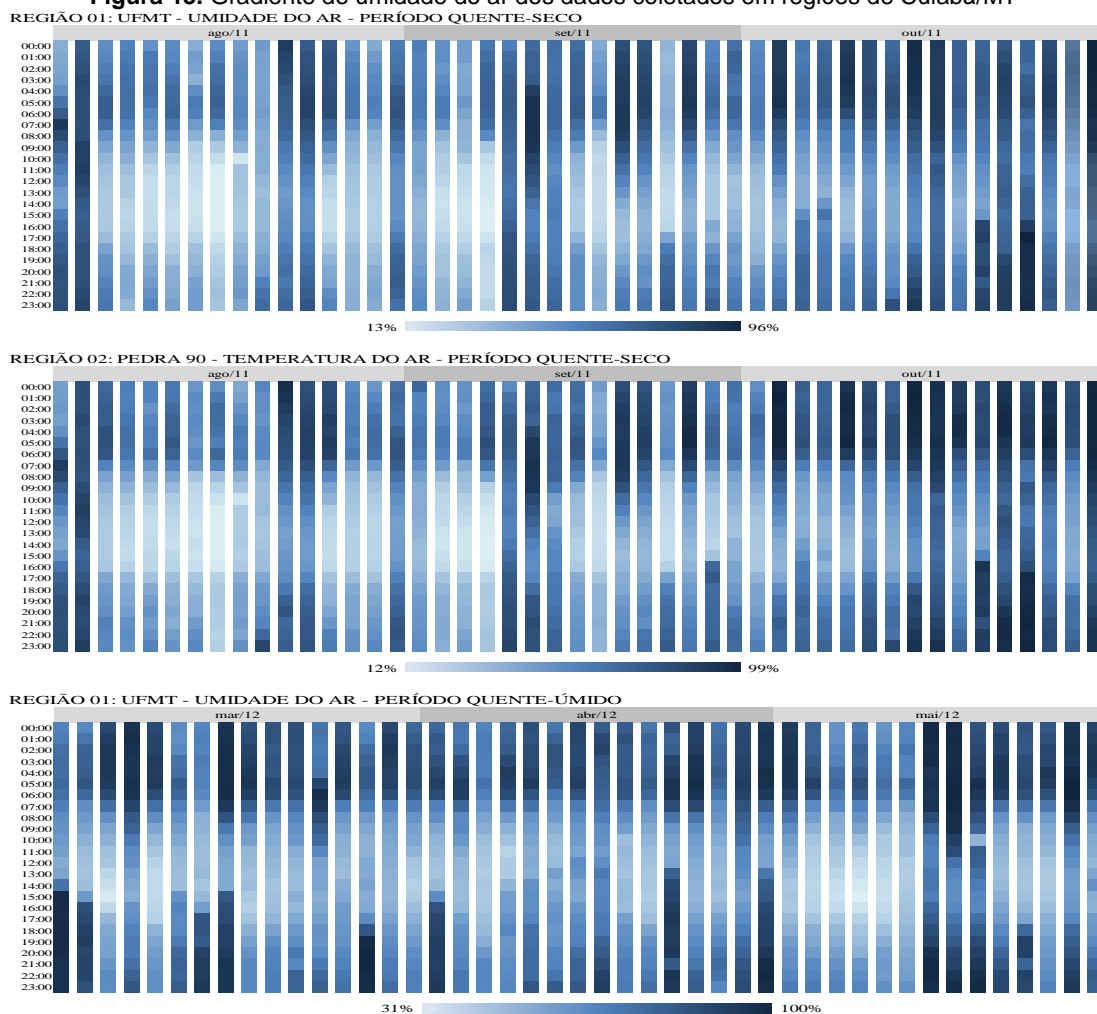
No **período quente-úmido**, o mês de abril foi o que apresentou as maiores taxas de umidade do ar. O comportamento da umidade manteve-se semelhante até às 12 horas. O mês de maio manteve-se como o mês mais “seco”, seguido pelo mês de março. Os valores mais baixos ocorreram às 13 horas em março, correspondente a 56%, às 13 horas com 59% em abril e, às 14 horas com 53% em maio. Os valores mais altos ocorreram na madrugada, entre 02 e 05 horas correspondendo, em média, a 90%.

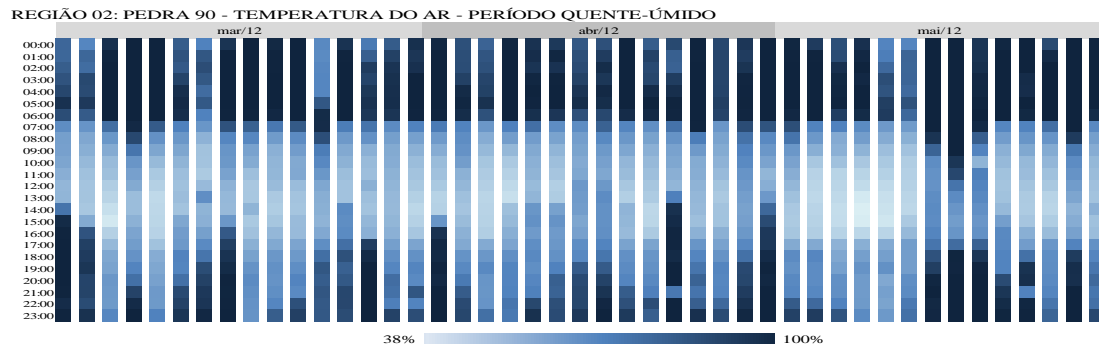
Na Região 02 (Pedra 90), os valores mais baixos ocorreram às 13 horas em março e abril, correspondendo a 62,2%, e 64%, respectivamente e, às 14 horas em maio com 58,8%. Os valores mais altos ocorreram no início do dia, entre meia-noite e 06 horas correspondendo, em média, a 98%.

Observou-se que a Região 01 (UFMT) apresentou valores menores de umidade relativa do ar, as diferenças de valores entre as duas regiões foi marcante durante o período quente-úmido, no entanto, foi mantido o mesmo comportamento. A Região 02 (Pedra 90) manteve-se com os valores mais altos, principalmente no início e final do dia. A maior diferença apresentada foi de 12,9% às 18 horas e a menor diferença corresponde a 4,1% às 12 horas.

Através do gradiente (Figura 15) foi possível visualizar o comportamento da umidade ao longo dos períodos estudados. Foi possível verificar no período quente-seco os dias em que as taxas de umidade foram maiores e os horários em que os valores apresentaram mais baixos. O mês de outubro apresentou valores mais altos de umidade, inclusive durante o período diurno. Percebeu-se que no período quente-úmido que as taxas de umidade do ar foram mais distribuídas ao longo do dia na Região 01, enquanto na Região 02 o período da manhã e noite estavam mais concentradas.

**Figura 15.** Gradiente de umidade do ar dos dados coletados em regiões de Cuiabá/MT





O fato da Região 02 apresentar maiores valores de umidade pode ser explicado pelo entorno pouco urbanizado, com características rurais enquanto a Região 01, apesar de maior quantidade de vegetação arbórea e superfície aquosa, está localizada em meio a uma localidade altamente urbanizada e com maior área asfaltada.

#### **RELAÇÕES ESPACIAIS E SAZONAIS ENTRE A COBERTURA DO SOLO E O MICROCLIMA**

Valores semelhantes de radiação solar colaboraram para analisar sua interação com os diversos materiais que compõem a cobertura do solo urbano e analisar a influência das propriedades físicas desses materiais nas variáveis de temperatura e umidade do ar.

A Região 01 (UFMT) possui várias massas de vegetação e possui muitos espaços entre as edificações, no entanto, apresenta extensas áreas pavimentadas para tráfego e estacionamento de veículos causando a impermeabilização da superfície e aumentando os valores de temperatura.

A baixa densidade demográfica e o posicionamento distante do meio urbano favorece o registro de temperaturas mais amenas na Região 02 (Pedra 90). A região apresenta concentração de edificações, mesmo térreas, pouca vegetação e solo impermeabilizado, mas apesar dessas características, a temperatura do ar manteve-se mais baixa e a umidade do ar mais alta comparando-se com a Região 01. Faz-se notar que parte da área verde e de solo descoberto da Região 02 estava em área minimamente habitada, assim como o entorno dessa região.

A Região 02 apresentou baixa inércia térmica, característica comum no meio rural e em regiões limítrofes ao perímetro urbano. Nos horários em que havia incidência solar as temperaturas ficaram próximas da Região 01, localizada próxima ao centro urbano.

Comparando as Regiões 01 e 02 por meio do teste T, observou-se que a temperatura do ar na Região 01 foi 7,14% maior do que a temperatura do ar na Região 02.

Acredita-se que esta diferença de temperatura registrada deve-se ao fato da diferença dos materiais que constituem cada uma das áreas. Conforme visto na Tabela 2 e na Figura 5, a Região 1 possui uma maior quantidade de superfícies ocupada com materiais típicos do meio urbano em relação à Região 2. Estes materiais urbanos, dentre os quais pode-se citar o asfalto, possuem propriedades físicas (albedo, capacidade térmica) que resultam em uma maior absorção da radiação solar incidente, gerando como consequência o registro de temperaturas do ar mais elevadas em regiões que fazem uso destes materiais.

Já em relação à variável umidade do ar, foi encontrado que, na Região 02 a umidade do ar foi 10,17% maior do que na Região 01. Este resultado também pode ser relacionado ao padrão de cobertura do solo das regiões em estudo, uma vez que, conforme apresentado na Figura 5 e Tabela 2, a Região 02 possui menor quantidade de materiais urbanos, que impermeabilizam a superfície.

**Tabela 7.** Resultado das análises realizadas no Programa R.

Variáveis	Valor t	P-valor
Temperatura do ar x Período	2.3923	0.03781
Umidade do ar x Período	-5.6691	0.0002069
Temperatura do ar x Região	1.6986	0.1202
Umidade do ar x Região	-0.814	0.4346

Apesar dos resultados evidenciarem numericamente que existem diferenças nos valores



registrados nas duas regiões em estudo, de acordo com a Tabela 7, estas diferenças não podem ser consideradas estatisticamente significativas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Áreas cobertas por materiais urbanos, como por exemplo o asfalto, tendem a um valor maior de temperatura quando comparadas a áreas com cobertura arbórea apenas. Ambas as regiões analisadas possuem características que contribuem com o aumento da temperatura (asfalto, concreto e solo descoberto) e características que contribuem para o aumento da umidade do ar (vegetação) em maior ou menor proporção.

Desta forma, apesar de serem observadas diferenças numéricas entre os valores registrados nas duas regiões, estas diferenças não podem ser consideradas estatisticamente significantes de acordo com os resultados do teste T.

Os acontecimentos microclimáticos urbanos podem ser considerados complexos devido ao grande número de variáveis envolvidas, demandando, desta forma, estudos quantitativos e qualitativos detalhados que abordem o assunto de diferentes pontos de vista.

Deste modo, ressalta-se o papel dos profissionais envolvidos na construção do meio urbano, como arquitetos e planejadores urbanos, no desenvolvimento de um espaço que possa contribuir para a qualidade de vida de seus habitantes.

## REFERÊNCIAS

BUSTOS ROMERO, M.A. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007.

CUIABÁ. Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Diretoria de Pesquisa e Informação. **Cuiabá**. Cuiabá, MT: Central de Texto, 2007.

\_\_\_\_\_. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá, MT: Central de Texto, 2011. (Volume V).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese de indicadores sociais**: Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico**: Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: FAUUFBA/LACAM-ANTAC, 1997, p.49-58.

MAITELLI, G.T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental**: o exemplo de Cuiabá-MT. 1994. 220f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MORENO, G.; HIGA, T.C.S., (orgs.); colaboradora MAITELLI, G.T. **Geografia de Mato Grosso**: território, sociedade, ambiente. Cuiabá: Entrelinha, 2005. pg. 238-287.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 372 p.

\_\_\_\_\_. Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. In: BORREGO, C. NORMAN; A. L. (eds.). **XVII Air Pollution Modeling and its Application**, Springer, 2004.

R Core Team. **R**: A language and environment for statistical computing. 2012. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 out. 2012.

SANTOS, F.M.M. **Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT**. 2012.87f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2012.

UNFPA - Fundo de População das Nações Unidas. **Relatório sobre a Situação da População Mundial**. 2011. Disponível em: <<http://www.unfpa.org.br/Arquivos/swop2011.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2012.