

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
DEPARTAMENTO DE ENSINO**

LUCAS FERREIRA LIMA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS OBRAS DE MOBILIDADE URBANA EM CUIABÁ-
MT NOS PARÂMETROS BIOFÍSICOS POR SENSORIAMENTO REMOTO**

**Cuiabá
2018**

TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

LUCAS FERREIRA LIMA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS OBRAS DE MOBILIDADE URBANA EM CUIABÁ-
MT NOS PARÂMETROS BIOFÍSICOS POR SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Tecnologia em
Gestão Ambiental do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Estado
de Mato Campus Cuiabá - Bela Vista para
obtenção de título de graduado

Orientador: Prof.^a Pablinne Cynthia Batista
da Silva

**Cuiabá
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Ferreira Lima, Lucas.

*ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS OBRAS DE MOBILIDADE URBANA
EM CUIABÁ-MT NOS PARÂMETROS BIOFÍSICOS POR
SENSORIAMENTO REMOTO. LUCAS FERREIRA LIMA.*

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus
Cuiabá Bela Vista, Tecnologia em Gestão Ambiental, 2018.

“Orientação: Prof^ª. (MSc.) Pablinne Cynthia
Batista da Silva.

LUCAS FERREIRA LIMA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS OBRAS DE MOBILIDADE URBANA EM CUIABÁ-
MT NOS PARÂMETROS BIOFÍSICOS POR SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado. Aprovado em:

Profª. (MSc.) Pablinne Cynthia Batista da Silva (Orientadora)

Profª (Dra.) Nadja Gomes Machado (Membro da Banca)

Prof. (MSc.) Lucas Peres Angelini (Membro da Banca)

**Cuiabá
2018**

RESUMO

Com a realização das obras de mobilidade urbana em Cuiabá-MT para o evento da copa do mundo de 2014, realizaram-se intervenções com relação à infraestrutura, o que provocou alterações nos índices de área construída e supressão de vegetação. Os dados comparados do início da intervenção até o ano de 2016, ou seja, antes e pós-evento da copa do mundo, demonstrou aumentos significativos nas variantes analisadas, como o albedo, NDVI, NDWI e Temperatura da superfície, pois houve aumento da utilização de materiais que impermeabilizam o solo, retirada de vegetação e aumento de área construída. Utilizando o sensoriamento remoto, Objetivou-se avaliar essas alterações nos anos de 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016 através de quatro obras de mobilidade urbana realizada na capital mato-grossense, levando em consideração os dados captados dos meses de verão para uma melhor verificação da imagem, sem interferência de nuvens ou chuvas.

Palavras-chaves: Parâmetros biofísicos, Temperatura da Superfície, supressão de Vegetação.

ABSTRACT

With the construction of urban mobility projects in Cuiabá-MT for the 2014 World Cup event, interventions were made in relation to the infrastructure, which caused changes in the built-up area indexes and suppression of vegetation. The comparative data from the beginning of the intervention until the year 2016, that is, before and after the event of the world cup, showed significant increases in the variants analyzed, such as albedo, NDVI, NDWI and Temperature, since there was an increase in the use of materials that waterproof the soil, removal of vegetation and increase of built area. Using the remote sensing, we tried to evaluate these changes in the years 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 and 2016 through four works of urban mobility carried out in the capital of Mato Grosso, taking into account the data collected from the summer months to a better image verification, without interference from clouds or rains.

Keywords: Biophysical Parameters, Surface Temperature, Vegetation Suppression.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Processos de urbanização e mudanças de solo.....	10
2.2 Megaeventos esportivos e seus efeitos.....	10
2.3 Técnicas de sensoriamento remoto aplicada a análise urbana	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Áreas de estudo	14
3.2 Aquisição e Processamento das Imagens	15
3.3 Índices de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI.....	15
3.4 O índice de diferença normalizada da água NDWI.....	16
3.5 Albedo da superfície	17
3.6 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
4.1 Índices de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI.....	18
4.2 ÍNDICE DE DIFERENÇA NORMALIZADA DA ÁGUA NDWI.....	20
4.3 ALBEDO DA SUPERFÍCIE	21
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
6. REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Cuiabá – MT foi uma das 12 sub-sedes para realização da Copa do Mundo FIFA de 2014 no Brasil, o que resultou em uma série de alterações na infraestrutura da cidade. As obras para melhoria da mobilidade urbana, como a implantação do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), Construção de Viadutos e Trincheiras, estiveram associadas à substituição de ambientes naturais por áreas construídas em áreas já urbanizadas.

Com isso, a supressão da vegetação, adensamentos urbanos, impermeabilização do solo e canalização de córregos, associados com o aumento do fluxo de veículos automotores, propiciam aumentos de calor concentrado em determinada área onde estão situadas estas transformações (AMORIM, 2000).

O crescimento de áreas urbanas e os diferentes usos do solo modificam as características do clima local, alterando as trocas de energia e massa da superfície-atmosfera. As alterações dos processos radiativos e energéticos da superfície terrestre interferem significativamente na redistribuição da umidade, calor no solo e da atmosfera, que por sua vez afetam o tempo e o clima local (BASTIAANSSEN et al., 1998; ROERINK et al., 2000).

A grande vantagem das imagens de satélite é que estas permitem a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico direto e se utiliza de sensores para coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal possível de ser registrado e apresentá-la em forma adequada à extração da informação (NOVO, 2000).

Os dados de temperatura da superfície sobrepostos com as informações de uso e ocupação do solo configuram-se em um indicador importante para a análise de qualidade ambiental urbana, já a vegetação tem um papel fundamental na paisagem das cidades, principalmente para o clima urbano, conforto térmico e qualidade ambiental (LIMA e AMORIM, 2011). No entanto, o estudo do clima urbano deve contar com instrumentos que o capacite, no sentido de propor ações práticas e aplicáveis aos processos de planejamento urbano.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência dos impactos causados pelas obras de mobilidade urbana antes, durante, e após a copa do mundo de 2014 na cidade de Cuiabá - MT, tendo como referencial os dados registrados em

quatro pontos da cidade na estação inverno, dos anos de 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Processos de urbanização e mudanças de solo

A rápida urbanização do território brasileiro não é um processo amplamente demográfico. A sociedade brasileira está se tornando cada vez mais urbana. Além de concentrar uma parcela crescente da população do país, as cidades se tornam o ponto privilegiado das atividades econômicas, o que determina as relações sociais e os estilos de vida (BRITO & SOUZA, 2006). Com o avanço do desenvolvimento capitalista no Brasil, caracterizada pelo processo migratório de regiões, as cidades são caracterizadas por uma rápida e profunda urbanização (GOUVÊA, 2005).

Em decorrência do processo de urbanização acelerado, os problemas são eminentes. Uma atitude do poder público seria uma solução para os problemas decorrentes desse inadequado planejamento, haja vista que é dever dele intervir procurando meios de correção no processo de urbanização mal planejado (SILVA, 1997).

A urbanização desordenada tem causado modificações consideráveis no meio ambiente, sobretudo nos ciclos hidrológicos e nas variações climáticas. O principal fator desses problemas são a falta de planejamento, gestão e controle por parte do poder público e ainda a falta de aplicação da lei nos âmbitos Municipal, Estadual ou Federal (MOTA, 2003; BARROS, 2005; TUCCI, 2007).

Os impactos ambientais resultantes dessas ações antrópicas podem desequilibrar o sistema como um todo, desequilibrando o meio ambiente (ALMEIDA et al., 2010). Sendo assim, a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável, pautado como aquele que atende a necessidade da presente geração sem comprometer as gerações futuras de se auto sustentar, deve servir de piso na construção do planejamento urbano (MOTA, 1999, p. 22).

2.2 Megaeventos esportivos e seus efeitos

Os chamados megaeventos são, em sua grande maioria, eventos de curta duração de tempo, porém suas consequências podem ser vistas durante vários anos após sua festividade (BARBOSA, 2003).

As cidades que realizam tais eventos se sentem estimuladas a criarem programas com objetivos de revitalização e melhoria em sua infraestrutura, pois, um evento de grande porte, é destaque na mídia, e uma cidade que desenvolve sua mobilidade urbana para tal evento, cria sua marca para eventos similares e conseqüentemente deixa seu legado positivo (PADDISON, 1993).

Esses eventos resultam de processos pouco democráticos e que, portanto alavancam corrupção, intensificam favorecimentos e relações escusas de todo tipo, assim como exacerbam os conflitos inerentes à cidade envolvida ao invés de trazer ordem, inversamente, alimentam a desordem, os impactos perversos e as tensões urbanas (WHITAKER, 2010).

Estudos e planejamentos realizados geralmente antes dos eventos tendem a focar nos benefícios econômicos e sociais que o evento em questão pode gerar (ROCHE, 1994). No entanto, existe a probabilidade de ocorrer os efeitos negativos dos megaeventos, tanto do ponto de vista econômico quanto social (HIGHAM, 1999).

Conforme Jones (2001), devido aos impactos gerados nas cidades e regiões, o interesse por megaeventos esportivos tem crescido, o que promove atualmente um amplo debate sobre quais abordagens são as mais adequadas para determinar o custo e o benefício desses megaeventos.

Os efeitos da transformação e alteração do microclima local advindos das obras de mobilidade urbana para realização de tais eventos estão intimamente ligados a sua função de morfologia, propriedades térmicas dos materiais da superfície e da produção de calor causado pelo homem (ASSIS, 2005). A heterogeneidade espectral é decorrente da diversidade da paisagem urbana, que é formada por diversos materiais: concreto e asfalto nas construções e vias, telhados de diferentes materiais, solo exposto, áreas verdes, praças, árvores, etc. (IWAI, 2003).

O aumento no calor está associado com a supressão de vegetação, impermeabilização do solo, aumento no fluxo de veículos automotores, adensamentos urbanos e canalização de córregos, decorrentes do rápido crescimento populacional, ocasionando transformações na paisagem da cidade (AMORIM, 2000).

Enquanto que em áreas sob influência de grandes massas de vegetação, apresentam características diferentes de áreas antropizadas, haja vista que o processo biológicos de fotossíntese e evapotranspiração ocasionados pela vegetação, interferem diretamente no microclima da região (OLIVEIRA, COSTA, 2005).

2.3 Técnicas de sensoriamento remoto aplicada a análise urbana

O sensoriamento remoto pode ser entendido como o conjunto de atividades que tratam da obtenção de informação relativa aos recursos naturais da Terra ou seu meio ambiente, por meio de sensores instalados a bordo de plataformas em altitude (tais como balões, foguetes, aviões e satélites), os quais coletam a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, convertendo-a em um sinal que é posteriormente processado em terra, com fins de geração de imagens (SLATER, 1980).

Vários estudos relacionaram os problemas urbanos com dados obtidos através de indicadores de imagens de satélites. Através destes indicadores, consegue-se analisar com certa precisão a temperatura, índices de vegetação, índices de superfícies impermeabilizadas e a avaliação das “ilhas de calor”(WENG et al., 2004; YA et al., 2010; YUAN; BAUER, 2007; ZHANG et al., 2009).

Nos dias atuais, com o avanço da tecnologia, a técnica de sensoriamento remoto vem sendo amplamente utilizado para avaliação das questões ambientais. Os produtos obtidos através dos mais variados métodos de aquisição de imagens de satélite por sensoriamento remoto requer o uso de técnicas específicas (CRUZ et al., 2009).

No entanto, apropriando-se de técnicas de sensoriamento remoto da vegetação é possível associar dados da temperatura da superfície com índices de vegetação. De acordo com Jensen (2009), desde 1960 pesquisadores estão buscando modos de extrair e modelar parâmetros biofísicos da vegetação através de imagens de satélite.

Moreira e Shimabukuro (2004) afirmam que o valor do índice de vegetação é obtido a partir de medidas da refletância nas faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo e, apesar de existirem mais de cinquenta índices de vegetação elencados na literatura, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é o mais comumente utilizado.

O NDWI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) apresentado por Gao (1996) vem ganhando importância nos estudos de cobertura vegetal, tendo como parâmetro o conteúdo de água presente na cobertura vegetal. Com a relação entre a razão da radiação solar refletida por uma superfície e a radiação solar incidente, podemos determinar o Albedo, que, nada mais é a compreensão da quantidade de

energia que chega à superfície, pela quantidade de energia refletida pela mesma (MOURA, 2000; KUSHARI e KONITPONG, 2011).

Um alvo da superfície terrestre recebe radiação eletromagnética proveniente do Sol e, dependendo da sua composição, cor, forma e propriedade, parte desta energia será refletida e absorvida. Deste modo, afirma-se que satélites com sensor infravermelho termal mensuram a radiação do topo da atmosfera, sendo que estes podem ser convertidos em temperatura aparente da superfície (COLTRI, 2006).

Como a temperatura da superfície continental é mais facilmente relacionada com as condições da própria superfície, uma das principais aplicações do sensoriamento remoto térmico no estudo de climas urbanos consiste em examinar relações entre a estrutura espacial dos padrões térmicos urbanos e as características da superfície urbana, o que pode ajudar posteriormente no planejamento do uso da terra (CHEN et al., 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Áreas de estudo

A área de estudo é a cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso (Figura 1). Segundo dados do Plano Nacional de Amostra de Domicílios (PNAD), a população estimada para o município, em 2010, é 551.098 habitantes (Censo IBGE 2010). Conforme a classificação de Köppen-Geiger, o perfil climático é o tropical continental semiúmido do tipo Aw, apresentando duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão; SANTOS, 2013).

Por conta da localização, as trocas térmicas por convecção são bem reduzidas, haja vista que a capital Mato-grossense possui baixa frequência e velocidade média dos ventos, o que torna a região, com a presença do espaço construído, a influencia do ar mais notável (OLIVEIRA, 2011).

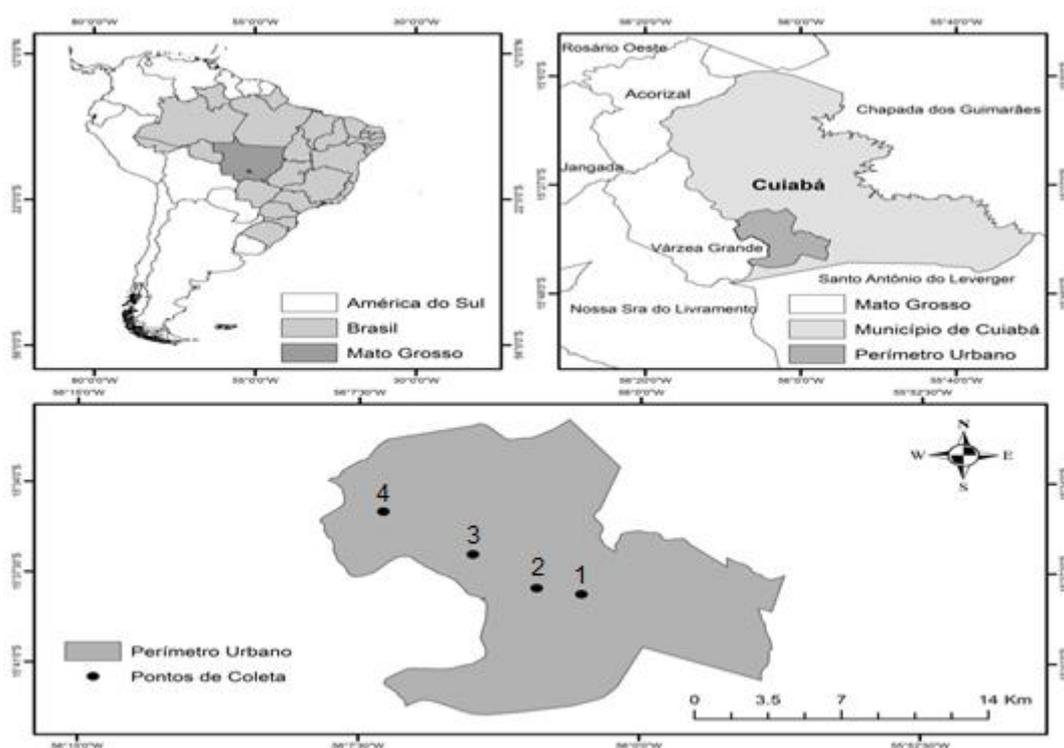


Figura 1 - Área de estudo com os respectivos pontos das obras de mobilidade urbana no município de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

No ponto 1 temos o viaduto do Tijucal. Localizado na Zona Leste da cidade de Cuiabá, é a porta de entrada para os principais bairros do centro da cidade, visto

que neste viaduto inicia-se a Avenida Fernando Correa da Costa e da Estrada do Moinho, duas das principais avenidas da Cidade. O ponto **2** encontram-se o viaduto do Parque Cuiabá, entroncamento da avenida Fernando Corrêa da Costa com a rodovia Palmiro Paes de Barros. Fica localizado na região do Coxipó e é muito frequentado para quem deseja visitar cidades próximas sentido Pantanal, como por exemplo, Santo Antônio de Leverger e Barão de Melgaço. Já o ponto **3** destaca-se o viaduto da UFMT (Universidade Federal de Mato Grosso). Ponto estratégico e de fácil acesso, haja vista que está localizado ao lado de um shopping center e da universidade federal do estado. Por fim, no ponto **4**, está localizado a trincheira do Santa Rosa. Região nobre da cidade e de muito movimento, haja vista que nela percorre umas das avenidas mais movimentadas da cidade de Cuiabá.

3.2 Aquisição e Processamento das Imagens

O processamento das imagens, desde a composição das bandas espectrais, recorte da área de estudo e estimativa dos parâmetros biofísicos foram realizados no software ERDAS imagine 2014. As imagens dos satélites foram adquiridas no site <https://espa.cr.usgs.gov/> e os demais processamentos foram realizados no software Arcgis. Utilizaram-se imagens dos anos de 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016 na estação inverno obtidas do Earth Explorer, conforme o link <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

3.3 Índices de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI

O NDVI é um índice não linear, baseando em razão de bandas. Apesar de ser influenciado por ruídos aditivos, tais como os decorrentes da influência atmosférica, tem sido empregado em estudos referentes ao comportamento espectral da vegetação (JENSEN, 2009).

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{R})}{(\text{NIR} + \text{R})}$$

Onde, NIR - banda infravermelha próxima; R - banda no vermelho. Os valores de NDVI variam de 0 a 1. Valores próximos a 1 (um) indicam vegetação

densa, enquanto que valores mais próximos a 0 (zero) correspondem às superfícies não vegetadas (ROSENDO, 2005).

3.4 O índice de diferença normalizada da água NDWI

O NDWI (), tem a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos), permitindo, segundo McFeetrs (1996) o seguinte:

- I. Maximizar a refletância típica da água utilizando o comprimento de onda do verde;
- II. Minimizar a baixa refletância dos corpos de água no infravermelho próximo;
- III. Realçar o contraste entre a água e a cobertura vegetal, proporcionada pelo infravermelho próximo.

O NDWI é obtido através das bandas do verde (V) e do infravermelho médio (IV p) do satélite Landsat 5 e landsat 8:

$$\text{NDWI} = \frac{(\text{TM2} - \text{TM4})}{(\text{TM2} + \text{TM4})}$$

Onde: TM2 corresponde ao comprimento de onda do verde, e TM4 ao infravermelho próximo, na equação – bandas 2 e 4 do sensor Landsat TM e do sensor OLI do landsat 8

3.5 Albedo da superfície

O albedo da superfície foi calculado usando a seguinte equação:

$$\alpha = \frac{(\alpha_{toa} - \alpha_{atm})}{\tau_{oc}^2}$$

em que α_{toa} é o albedo no topo da atmosfera de cada pixel ou albedo sem correção atmosférica, α_{atm} é o albedo da Atmosfera e τ_{oc} é a transmitância atmosférica na radiação solar, que pode ser obtido pela seguinte equação:

$$\tau_{oc} = 0.35 + 0.627 \exp \left[-\frac{0.00146 P_o}{K_t \cos Z} - 0.075 \left(\frac{W}{\cos Z} \right)^{0.4} \right]$$

Onde:

P_o = pressão atmosférica local

K_t = coeficiente de turbidez do ar ($K_t = 1,0$ para ar limpo e $K_t = 0,5$ para ar extremamente turvo ou poluído; $K_t = 1,0$ foi usado em este estudo);

Z = Ângulo zenital do sol (extraído dos metadados da imagem)

P_o = de acordo com a equação de Allen et al. (2002), e

W (mm) = água precipitável, obtida em função da umidade relativa (RU;%), obtida através da seguinte equação:

$$W = 0.14 e_a P_o + 2.1$$

Onde:

e_a = pressão atual do vapor de água atmosférico (KPa).

O valor do albedo atmosférico pode ser obtido através de um modelo de transferência radiativa e, em geral, está situado entre 0,025 e 0,040 (ALLEN et al., 2002). A determinação do albedo no topo da atmosfera (α_{toa}) foi realizada através de combinação linear da reflectância monocromática (r) das refletâncias, de acordo com a seguinte equação:

$$\alpha_{toa} = P_2 \times r_2 + P_3 \times r_3 + P_4 \times r_4 + P_5 \times r_5 + P_6 \times r_6 + P_7 \times r_7$$

Em que P são os pesos e r são as refletância da superfície.

3.6 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE

Informações sobre a temperatura superficial podem ser obtidas por sensoriamento remoto, tendo em vista que o calor interno de um alvo é convertido em energia radiante e para a maioria dos alvos existe uma alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do alvo e o fluxo radiante proveniente dos mesmos (JENSEN, 2009).

Para a obtenção das temperaturas da superfície analisada, de modo geral, se deve cumprir a sequência:

- Os valores de níveis de cinza (NC) da imagem são primeiro convertidos para radiância espectral, por meio dos parâmetros de radiância calibração absoluta. Os valores de radiância espectral obtidos são, então, transformados em refletância aparente;
- A estimativa das temperaturas da superfície terrestre, em graus Kelvin, por radiometria, baseia-se nas Leis de Stefan-Boltzman e Lei de Plank. Com base nos valores estimados de emissividade obtêm-se a temperatura da superfície mediante a inversão da equação de Plank para corpos radiadores seletivos;
- Gera-se a grade de temperatura da superfície mediante a transformação de Kelvin para graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), subtraindo os valores de T de 273,15 (Dumke 2007, p. 246);

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Índices de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI

O resultado do NDVI pode apresentar variações consideráveis, isso se dá pelo fato da presença de vegetação ou áreas construídas e indícios de solo exposto. Oliveira *et al.* (2013) corroboraram o exposto ao afirmar que em determinadas regiões, os baixos índices de vegetação estão intimamente relacionados com o alto estresse hídrico sofrido pela vegetação.

Para os pontos de estudo, através do cálculo do NDVI, nota-se uma diminuição do índice até a véspera do ano que ocorreu o evento da copa do mundo, conforme figura 1.

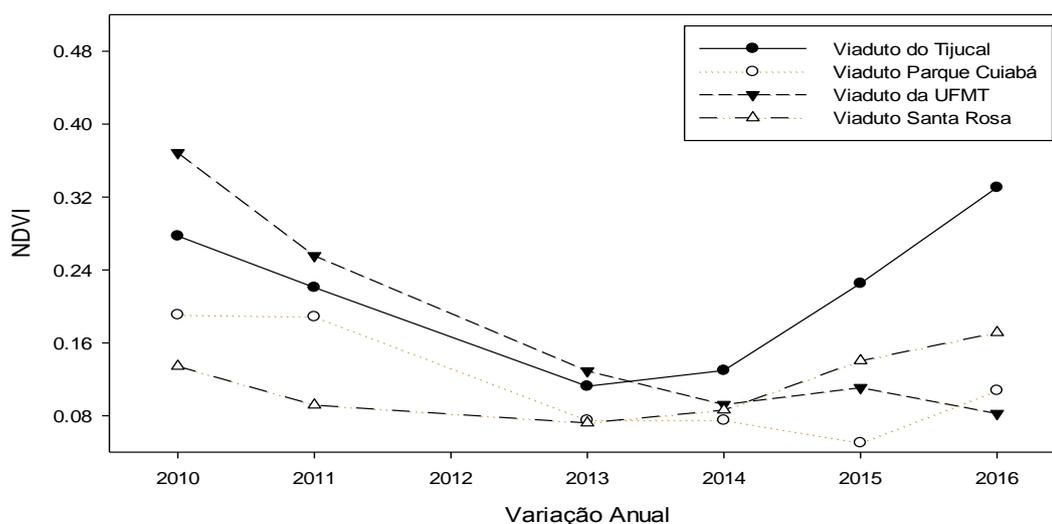


Figura 2: variação temporal do NDVI nos pontos de intervenções urbanas em Cuiabá

O viaduto do Parque Cuiabá apresentou-se quedas constantes de NDVI ao longo dos anos de estudo, podendo ser justificado pela retirada total da vegetação que existia no local, acompanhado com o aumento do solo exposto ao decorrer das obras, haja vista que o canteiro em torno do viaduto não foi recuperado, e nenhum projeto paisagístico foi implantado no local.

O viaduto da UFMT apresentou os maiores valores de NDVI para os anos iniciais, no entanto, ao longo da implementação das obras, houve uma diminuição dos seus valores, provavelmente devido ao tamanho da área ocupada pelo viaduto e pela quantidade de construção entorno do empreendimento. Podemos analisar ainda que em 2015 houve uma leve melhora em relação a 2014, Pois o local passou por melhorias paisagísticas com a implantação de áreas vegetadas, como canteiros laterais e aos arredores.

A trincheira do Santa Rosa demonstrou o menor índice de NDVI ao longo de todos os anos estudados. No local não possui acabamento nos canteiros de obras e nenhum tipo de vegetação que minimiza a capacidade de refletância e consequentemente da temperatura.

Nos anos estudados, a média de temperatura de 2015 é a que apresentou uma menor variação. Deste modo, nota-se que a temperatura da superfície dos locais de estudo em Cuiabá é resultado direto do NDVI da cidade, ou seja, locais com menores valores de NDVI mostraram maiores temperaturas da superfície, enquanto que áreas com maiores valores NDVI, apresentaram as menores temperaturas.

Diferentes estudos mostram que a redução na temperatura de paredes e telhados pode chegar a 20 °C pelo efeito de sombreamento da vegetação (AKBARI et al., 1997; SCOTT et al., 1999).

4.2 ÍNDICE DE DIFERENÇA NORMALIZADA DA ÁGUA NDWI

A partir dos dados de NDWI, podemos destacar a existência de um aumento deste índice pós-evento, em relação ao mesmo valor antes do início das obras de mobilidade urbana para a da copa do mundo de 2014 em Cuiabá somente no viaduto do tijucal.

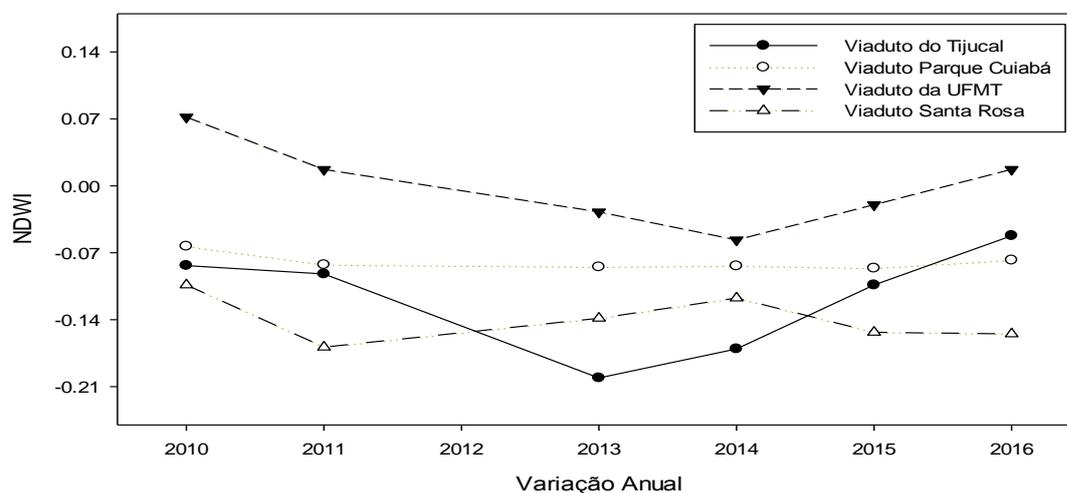


Figura 3: variação temporal do índice de umidade nos pontos de intervenções urbanas

O NDWI na área de estudo da UFMT apresentou um leve aumento depois de 2014. Esse fato pode ser explicado pelo córrego que percorre entre a obra e a restauração do canteiro de obras acompanhado com arborização.

O NDWI permite maximizar a refletância típica da água utilizando o comprimento de onda do verde, minimizar a baixa refletância dos corpos de água no infravermelho próximo e realçar o contraste entre a água e a cobertura vegetal, proporcionada pelo infravermelho próximo (MCFEETERS, 1996). Ou seja, o NDWI está intimamente relacionado com os índices de NDVI, o que corrobora com o trabalho de Gao, (1996), onde o NDWI é um indicador baseado na teledetecção sensível à mudança no conteúdo de água das folhas.

Nota-se o maior do índice de NDWI no ano de 2010, onde, em todos os pontos, existiam os maiores valores de NDVI, o que contribuía na alteração dos resultados.

4.3 ALBEDO DA SUPERFÍCIE

O albedo da superfície é um dos componentes mais importantes do balanço de radiação na superfície, o que explica a grande atenção ao seu monitoramento, especialmente em estudos sobre mudanças no uso do solo (ARRAES et al., 2012).

Diferentes materiais de construção, como pedra e aço, possuem maior capacidade térmica do que materiais naturais, como solo exposto, grama e areia. Portanto, regiões urbanizadas são tipicamente mais eficientes em armazenar energia solar, como calor, na parte interna de suas infraestruturas, podendo absorver e armazenar duas vezes mais calor que áreas arborizadas vizinhas (CHRISTEN & VOGT, 2004). Estes mesmos materiais artificiais também possuem geralmente alta condutividade térmica, transferindo o calor de forma mais rápida e eficiente para outras camadas da construção (KATO & YAMAGUCHI, 2005).

A figura 4 mostra os valores do albedo da superfície dos locais de estudo no inverno (Julho, Agosto e Setembro) do ano de 2010 até 2016. Dentre os valores encontrados, os dados de 2013 apresentaram-se com média superior aos demais, haja vista que nesse ano, véspera do evento da copa do mundo, as obras de mobilidade urbana estavam em fase de acabamento, sem qualquer tipo de vegetação.

O Viaduto do Tijucal e a trincheira do Santa Rosa demonstraram os maiores valores de albedo da superfície em relação aos demais pontos analisados. Esses resultados podem ser justificados pela falta de áreas verdes e melhorias paisagísticas ao longo dos viadutos, o que influencia diretamente no albedo.

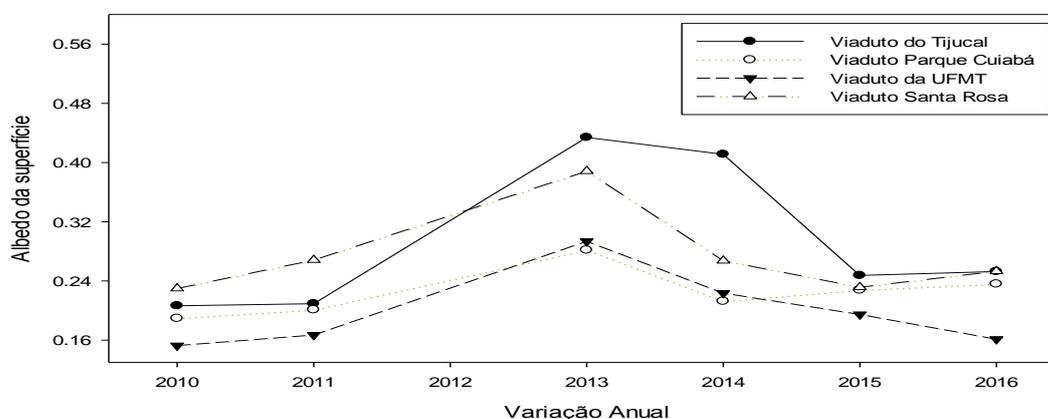


Figura 4: variação temporal do albedo da superfície dos anos de 2010 até 2016

Modificação do tipo de cobertura do solo por diversos tipos de materiais interfere no balanço de energia, pois aumenta a absorção da radiação solar através do baixo albedo dos materiais, o que reduz a evapotranspiração devido à diminuição da cobertura vegetal e aumento de superfícies impermeabilizadas, posto que estes possuam maior capacidade calorífica e boa condutividade térmica, influenciando na temperatura do ar (GARCIA, 2010).

Com isso, a rotatória da UFMT, antes de passar por um processo de transformação para um viaduto, é a que demonstrou o menor valor do albedo em 2010, Isso pode ser explicado porque na área o índice de vegetação era bem superior aos demais, conforme figura 4.

2010



(Rotatória do Tijuca)



(Rotatória do Parque Cuiabá)



(Rotatória da UFMT)

2016



(Viaduto do Tijuca)



(Viaduto do Parque Cuiabá)



(Viaduto da UFMT)



(Rotatória do Santa Isabel)



(Trincheira do Santa Isabel)

Antes e Pós-evento da copa do mundo de 2014
 Fonte: Imagens retiradas do Google Earth

Vale ressaltar que a execução das obras no ano de 2013 para o evento da copa do mundo em 2014, teve um avanço muito lento, conforme números do relatório técnico do Tribunal de Contas do Estado de Mato Grosso, onde parte da execução dos projetos apresentaram atrasos de 180 a 210 dias, conforme noticiado pela mídia local (TCE, 2013).

O viaduto do Tijucal, apresentou uma queda no valor do albedo de 2014 para 2015. Isso porque a área construída em volta se manteve constante, e no local das obras foi realizado todo um trabalho de recuperação dos canteiros de obras

O ano de 2013 foi à época que os valores tiveram maiores picos de alterações, com exceção do viaduto do tijucal. Vale ressaltar, que mesmo com a realização do evento, algumas obras não foram concluídas, e, após os jogos, ainda continuaram o acabamento ou alteração na estrutura no projeto, como foi o caso da trincheira do Santa Rosa que passou por processo de restauração.

Diferentes materiais de construção, como aço e pedra, possuem maior capacidade térmica do que materiais naturais presentes em áreas rurais, como solo exposto e areia. Portanto, regiões com maiores índices de área construída são tipicamente mais eficientes em armazenar energia solar, como calor, na parte interna de suas infraestruturas, podendo absorver e armazenar duas vezes mais calor que áreas arborizadas em locais da mesma região (CHRISTEN & VOGT, 2004).

4.4 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE

Os maiores valores de temperatura da superfície foram observados no viaduto de tijucal no de 2011, com valores acima de 48°C. Os menores valores foram observados durante o período das obras, no ano de 2013, com valores menores que 40°C.

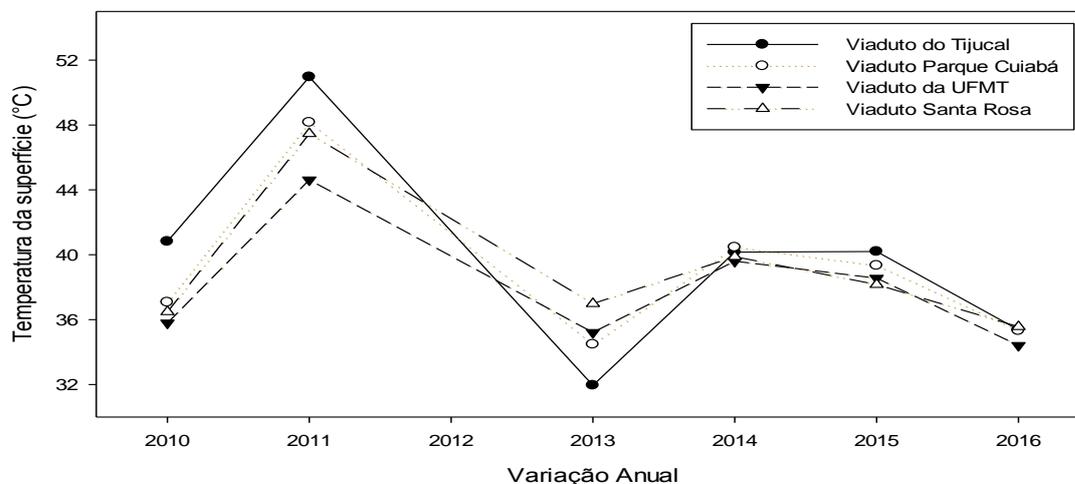


Figura 5: variação da Temperatura nos pontos de intervenções urbanas de Cuiabá antes e pós-copa do mundo de 2014

Os dados da figura 5 permitem a constatação de que, entre as classes de uso e ocupação do solo, existe uma variação térmica característica e que, portanto, é possível classificar cada tipo de cobertura de acordo com o comportamento térmico.

O fato dessas áreas com altos índices de infraestruturas, como pavimentação e edificação apresentarem temperaturas mais elevadas resulta da substituição de superfícies naturais, como vegetação e solo exposto, por materiais, como asfalto e concreto, que reduzem a cobertura vegetal e alteram radicalmente as propriedades de impermeabilidade, radiativas e térmicas (OKE & MAXWELL, 1975).

As análises demonstram que a temperatura da superfície variou aproximadamente entre 32°C e 49°C, sendo que as maiores temperaturas foram encontradas em locais com baixa densidade de vegetação, de acordo com a figura de NDVI. As informações contidas na figura de temperatura da superfície dos pontos de coleta resultam tanto da influência da distribuição espacial da cobertura vegetal arbórea como dos tipos de uso do solo, revelando a significativa relação entre os valores de temperatura dos alvos e a vegetação.

A influência da cobertura do solo urbano é observada através do aumento de temperatura e diminuição da umidade do ar significativa nos pontos da trincheira do Santa Rosa em 2011, do viaduto da UFMT em 2014 e do Tijucal em 2013, pois estão situados em áreas que tiveram aumento de área pavimentada, construída e projeção de área edificada em relação aos anos anteriores, conforme figura 5.

Uma constatação para 2013 apresentar uma temperatura média inferior aos dados do mesmo período do mesmo ano, pode ser a possibilidade de que no dia anterior da imagem analisada havia chovido, haja vista que na havia indícios de muitas nuvens sobre os pontos estudados.

Observando-se a figura 5, os valores mais baixos de temperatura foram encontrados em áreas que apresentavam cobertura vegetal mais densa, conforme a figura 2, dos índices de NDVI, e, ao contrário, locais de solo exposto e com muita área construída, possuíram os maiores valores de temperatura. Com isso, mudanças na temperatura da superfície urbana podem ocasionar efeitos significantes sobre o tempo e o clima local (KALNAY & CAI, 2003).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização das obras de mobilidade urbana para o evento da Copa do Mundo FIFA de 2014 no Brasil, Cuiabá, que foi uma das sub-sedes, passou por diversas transformações físicas. Dentre os índices analisados, o NDVI apresentou alterações significativas, tendo a obra da UFMT demonstrada os menores valores destes índices em 2016 em relação a 2010. Com o início da efetividade das obras em 2011, os valores médios de temperatura demonstraram valores superiores a 40°C e queda no índice de umidade em relação ao mesmo período.

Neste sentido, o solo exposto e a retirada de vegetação apresenta o maior aumento no índice do albedo, o que provoca alteração no balanço de energia propiciando a ganhos de calor no meio, devido à influência na alteração de cobertura do solo ocorridas nos pontos com intervenção urbanística decorrentes do plano de mobilidade e implantação do VLT.

A interferência direta nos valores dos índices biofísicos são resultados de novas vias, diminuição de canteiros centrais e aumento de projeção de área edificada, além de ampliação e construção de centros comerciais em seu entorno. Conseqüentemente, interferiram diretamente na redução de cobertura arbórea, paisagística e aumento de solo exposto.

Observa-se que as intervenções urbanas realizadas, influenciaram de forma significativa no comportamento microclimático em todos os pontos analisados. Os

dados quando comparados na estação do inverno entre 2010 e 2016, ou seja, antes e pós-intervenções, encontrou-se aumento do índice de umidade, NDVI e albedo, e redução significativa da variável temperatura, devido à alteração da cobertura do solo, pois houve utilização de materiais que impermeabilizaram o solo, restauração do canteiro de obras e introdução de jardinagem, interferindo no balanço de energia com produção de calor no meio.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. W. L.; SANTOS, I. S.; VELOSO, G. A.; LEITE, M. E. Geotecnologias aplicadas ao uso do solo: estudo de caso bacia do Vieira no município de Montes Claros. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010, Porto Alegre - RS. **Anais do XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros**, Porto Alegre, 2010. p. 1-11.
- AMORIM, M. **O clima urbano de Presidente Prudente-SP**. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo - São Paulo: USP, 2000.
- ASSIS, E. S. (2005) **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. In: ENCAC – ELACAC. Maceió: Alagoas, 2005.
- BARBOSA, L.G.M. E ZOUAIN, D.M. (2003) “Os Jogos Pan Americanos Rio 2007- Em busca de uma estratégia para a maximização de benefícios turísticos”- NEALTHFGV-Rio
- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**. v. 212-213, p. 198-212, 1998.
- BRITO, F.; SOUZA, J. Urban expansion in the big metropolises: the meaning of the inter-metropolitan migrations and of the pendular mobility in the reproduction of poverty. **Revista Perspectiva**, Fundação Seade, Jan. 2006.
- BASTIAANSEN, W.G.M., 1995. 288p. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**, Ph.D. thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1995.
- CAPEL, H. Los Juegos Olímpicos, entre el urbanismo, el márketing y los consensos sociales. Biblio 3W. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona**, v. XV, n. 895 (1), 5 de noviembre de 2010. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-895/b3w895-1.htm> (Acesso: 28/11/2010).
- CHANGNON, S. A. (1992) “Inadverted weather modification in urban areas: lessons for global climate change”, *Bulletin American Meteorological Society*, n. 73, p. 619-627.
- CHEN, X.L.; ZHAO, H.M.; LI, P.X.; YIN, Z.Y. **Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes**. *Remote Sensing of Environment*, New York, v.104, p.133-146, 2006.
- HARVEY, D. Do Gerenciamento ao Empresariamento: a transformação da administração urbana no capitalismo tardio. Espaço & Debates, NERU, n. 39, p. 48-64, 1996.

GOUVÊA, R. G. **A questão metropolitana no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005. 324 p.

HIGHAM J. (1999) Commentary – Sport as an avenue of tourism development: an Analysis of positive and negative impact s of sports tourism. *Current issues in Tourism* 2(1): 82-90.

JESSEN, J. R. 1949. **Sensoriamento Remoto: uma perspectiva em recursos terrestre**. Tradução José Carlos Neves Epiphanio...[et. al]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LIMA, Valéria; AMORIM, Margarete C. C. T. **A utilização de informações de McFeeters, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features**. *International Journal of Remote Sensing*, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 353p.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MOURA, M.A.L. **Balço de Radiação à superfície e fluxo de calor no solo em áreas de floresta nativa e pastagem no Oeste da Amazônia brasileira**. Botucatu, 2000. 118p. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP

NOVO, Evlyn. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**.. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. v. 2000. 269 p.

OLIVEIRA, A. S. (2011) **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. 2011. 146f. Tese de Doutorado – Instituto de Pós Graduação em Física-Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

OLIVEIRA, A. S. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. 2011. 146f. Tese de Doutorado – Instituto de Pós-Graduação em Física-Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011

OLIVEIRA, L. A.; COSTA, A. C. **Influência da arborização na temperatura e umidade do ar no campus da UFPA**. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Santa Maria-RS. 2005, p.26-27.

PADDISON,R.,(1993),**City Marketing, Image Reconstruction and Urban Regeneration,Urban Studies**,30:2,pp339-350

ROCHE, M. **Mega Events and Urban Policy**. *Annals of Tourism Research*. vol 21. Ed. Elsevier Ltd, 1994

ROSENDO, J. dos S. 2005. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) -

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SANTOS, F. M. M. (2013) Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.12, p. 2749-2763. Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR. São José dos Campos: MCT/INPE, 2011. p. 1028-1035.

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, n. 4, p. 467-483, 2004.

WHITAKER, J. PPLA 2010. Notícias. Grandes Projetos, fator de crescimento econômico e não de desenvolvimento. Entrevista com João Whitaker (USP). Disponível em <http://www.coopere.net/ppla/index.php? a=home&id=29> (Acesso: 12/11/2010).