

Relação entre albedo e temperatura da superfície estimados por sensoriamento remoto na área urbana de Cuiabá, Mato Grosso.

Lucas Peres Angelini¹
Marcos Alves Fausto¹
Dalila Morgana de Souza Mützenber¹
Danielle Christine Stenner Nassarden¹
Victor Hugo de Moraes Danelichen¹
Heloisa Oliveira Marques¹
Nadja Gomes Machado^{1,2}
José de Souza Nogueira¹
Marcelo Sacardi Biudes¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso - Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental - UFMT/IF/PPGFA
Av. Fernando Correa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança, CEP 78.060-900, Cuiabá-MT
peres.angelini52@gmail.com, mffausto@hotmail.com, dalilamutzenberg@gmail.com,
dany.nassarden93@gmail.com, danelichen@fisica.ufmt.br, heloisa@fisica.ufmt.br
nogueira@ufmt.br e marcelo@fisica.ufmt.br

² Instituto Federal de Mato Grosso - Laboratório de Biologia da Conservação (IFMT/LABIC)
Av. Juliano Costa Marques, s/n, Bairro Bela Vista, CEP 78.050-560, Cuiabá-MT
nadja.machado@blv.ifmt.edu.br

Abstract: The growth of urban areas in Brazil occurred after the second half of the XX century. The urbanization of Cuiaba occurred after 1960. Some micrometeorological studies on the urban area of Cuiabá had been developed to know the relationship between the urban design and meteorological variables as air temperature, relative humidity and net radiation. However, the remote sensing techniques have advantage to allow the knowledge of spatial variation of meteorological variables. Thus, the objective of this study was to relate the albedo and the surface temperature of different land use in the urban area of Cuiabá, Mato Grosso. The TM Landsat 5 images of dry and wet seasons were obtained from the Earth Explorer website. Deforestation and conversion of native forests in built areas altered the albedo and the surface temperature. The surface temperature increased with the surface albedo in different land use in the urban area of Cuiabá, Mato Grosso. The dense vegetation area had the lowest albedo and surface temperature values, followed by undergrowth. The bare soil had higher surface albedo, while the built area showed higher surface temperature, probably because of the energy stored on the built and the difference in the distribution of available energy into latent and sensible heat.

Palavras-chave: Urbanization, urban heat island, urban microclimate, Urbanização, ilha de calor urbano e microclima urbano.

1. Introdução

O crescimento de áreas urbanas no Brasil ocorreu de maneira expressiva após a segunda metade do século XX. As modificações de paisagens, substituição de áreas vegetadas nativas por edificações, asfalto e concreto deu a cidade uma característica única, revelando um sistema completamente distinto dos encontrados na natureza. As cidades apresentam uma morfologia bastante peculiar, sendo um mosaico de áreas construídas, solo exposto e áreas vegetadas, o que ocasiona diferentes interações com variáveis meteorológicas (Duarte e Serra, 2003), influenciando na absorção, transmissão e reflexão de radiação incidente (Maitelli, 2010).

O Município de Cuiabá foi fundado no início do século XVIII e seu crescimento não obteve expressivos índices até a metade do século XX. Após a década de 1960 o Município

expandiu sua malha urbana de maneira expressiva, ocorrendo assim a substituição de áreas verdes por áreas construídas (Cuiabá, 2007).

Alguns estudos micrometeorológicos já foram desenvolvidos em Cuiabá para conhecer como seu ambiente urbano influencia parâmetros, tais como a temperatura, umidade relativa, e saldo de radiação (Alves e Biudes, 2012; Maitelli, 2010). Entretanto, essas metodologias possuem fatores limitantes, como por exemplo, o alto custo dos equipamentos e complexidade de aplicação em escala regional.

Frente a essa problemática o sensoriamento remoto surge como alternativa em estudos de escalas regionais, possibilitando estimar parâmetros como a temperatura e albedo de superfície, e também, estimar índices de vegetação. Um dos modelos que tem sido utilizado em larga escala, o SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), proposto por Bastiaanssen et al. (1998), se destaca por utilizar imagens de satélite com resolução espacial de poucos metros até alguns quilômetros e requerer poucos dados de superfície para estimar o balanço de radiação, balanço de energia e a evapotranspiração da superfície independentemente do tipo de cobertura do solo (Bastiaanssen et al. 1998). Mesmo tendo como produto final a evapotranspiração da superfície, dentre suas etapas intermediárias, pode-se estimar diversos índices de vegetação, o albedo e a temperatura da superfície.

Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi relacionar o albedo e a temperatura da superfície de diferentes usos e ocupações de solo na área urbana do município de Cuiabá, Mato Grosso.

1. Metodologia de Trabalho

1.1 Área de Estudo

Este estudo foi conduzido no perímetro urbano do Município de Cuiabá, Capital do Estado de Mato Grosso, localizado na região Centro-oeste do Brasil (Figura 1). O centro da área urbana de Cuiabá está localizado a $15^{\circ} 35' 56''$ de latitude sul e $56^{\circ} 06' 01''$ de longitude oeste, e a área urbana de Cuiabá está dividida em quatro grandes regiões: Norte, Sul, Leste e Oeste (Figura 1) (Machado et al., 2014). A vegetação predominante nessa região é o Cerrado. O clima de Cuiabá é classificado como Aw segundo Köpper com precipitação anual entre 1300 a 1500 mm.

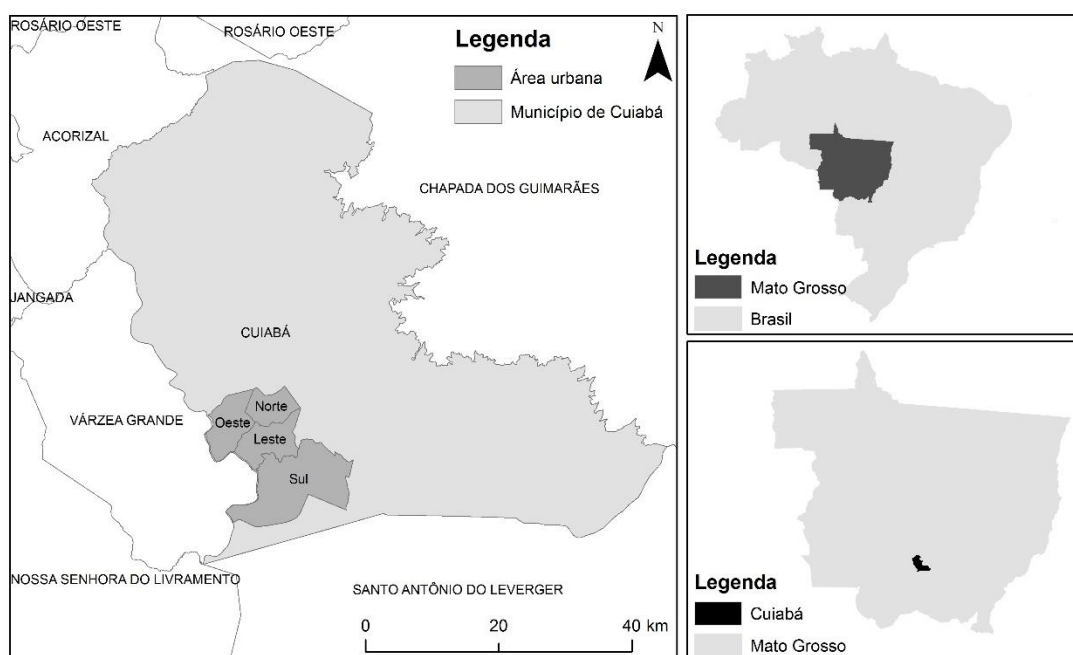


Figura 1 – Localização de Cuiabá, MT, Brasil.

Para esse trabalho foram escolhidos quatro tipos de uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Cuiabá, sendo eles, vegetação densa, vegetação rasteira, área construída e solo exposto. Em cada uso e ocupação do solo foram selecionados três pontos distintos, representados pela média dos valores extraídos dos 9 pixels ao redor do ponto central.

Neste estudo utilizou-se dados de radiação solar e temperatura e umidade relativa do ar medidos em uma torre micrometeorológica localizada na Fazenda Miranda (15°43'53,6" de latitude sul e 56°04'18,7" de longitude oeste), no município de Cuiabá.

1.2 Processamento das imagens

Para este estudo foram utilizadas duas imagens TM (*Thematic Mapper*) Landsat 5 da órbita 226 e ponto 71, obtidas em 03 de junho de 2009 e 10 de novembro de 2009. As imagens na região de estudo compreendem o período seco e chuvoso respectivamente. As imagens foram obtidas pelo no site do *Earth Explorer* operado pelo USGS, que fornece a refletância radiométrica corrigida para os efeitos atmosféricos e a temperatura da superfície (T_s) não corrigida para os efeitos atmosféricos. A correção atmosférica da T_s foi realizada a partir de uma equação linear múltipla em função da emissividade da superfície e a temperatura da superfície não corrigida. Essa equação linear foi estimada pela atenuação da banda termal pela atmosfera com auxílio do MODTRAN 5.0.

O albedo da superfície (α_{sup}) foi estimado pela Equação (1) feita admitindo-se que há influência da atmosfera, sendo necessário uma correção levando em consideração a transmissividade da atmosfera (Allen et al., 2002).

$$\alpha_{sup} = \left(\frac{\alpha_{toa} - \alpha}{\tau_w^2} \right) \quad (1)$$

em que α_{toa} é o albedo no topo da atmosfera obtido pela Equação (2), α corresponde à radiação solar refletida pela atmosfera, nesse estudo foi considerado 0,01, τ_w^2 é a transmissividade atmosférica considerando o céu claro e condições relativamente secas, obtida pela Equação (3).

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad (2)$$

em que $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5, \rho_7$ são as reflectância de superfície nas bandas 1,2,3,4,5 e 7 do TM Landsat 5, respectivamente.

$$\tau_w = 0,35 + 0,627 e^{\left[\frac{-0,00146P}{K_t \cos \theta} - 0,075 \left(\frac{W}{K_t \cos \theta} \right)^{0,4} \right]} \quad (3)$$

em que P é a pressão atmosférica (kPa) obtida pela Equação (4), W é a água precipitável obtida pela Equação (5), K_t é a turbidez da atmosfera, onde 1 o céu está claro e 0,5 extremamente turvo e θ é o ângulo zenital no momento da passagem do satélite (Giongo et al. 2010).

$$P = 101,3 \left(\frac{T_{ar} - 0,0065z}{T_{ar}} \right)^{5,26} \quad (4)$$

$$W = 0,14 e_a P + 2,1 \quad (5)$$

em que T_{ar} é a temperatura do ar (K), z é a altitude média da superfície em relação ao nível do mar (m) e e_a é a pressão atual de vapor d'água (kPa).

2. Resultados e Discussão

As imagens de albedo da superfície foram semelhantes visualmente, Figura 2. As áreas construídas e de solo exposto apresentaram maiores valores de albedo da superfície (áreas claras), enquanto que as áreas de vegetação arbórea e corpos d'água apresentaram menores valores de albedo (áreas escuras). Quanto à temperatura da superfície, a imagem obtida no

período seco apresentou maiores quantidades de regiões com valores elevados de temperatura da superfície (cor avermelhada), enquanto que a imagem obtida no período chuvoso apresentou menores quantidades de regiões com valores elevados da temperatura da superfície (cores amarelada e azulada).

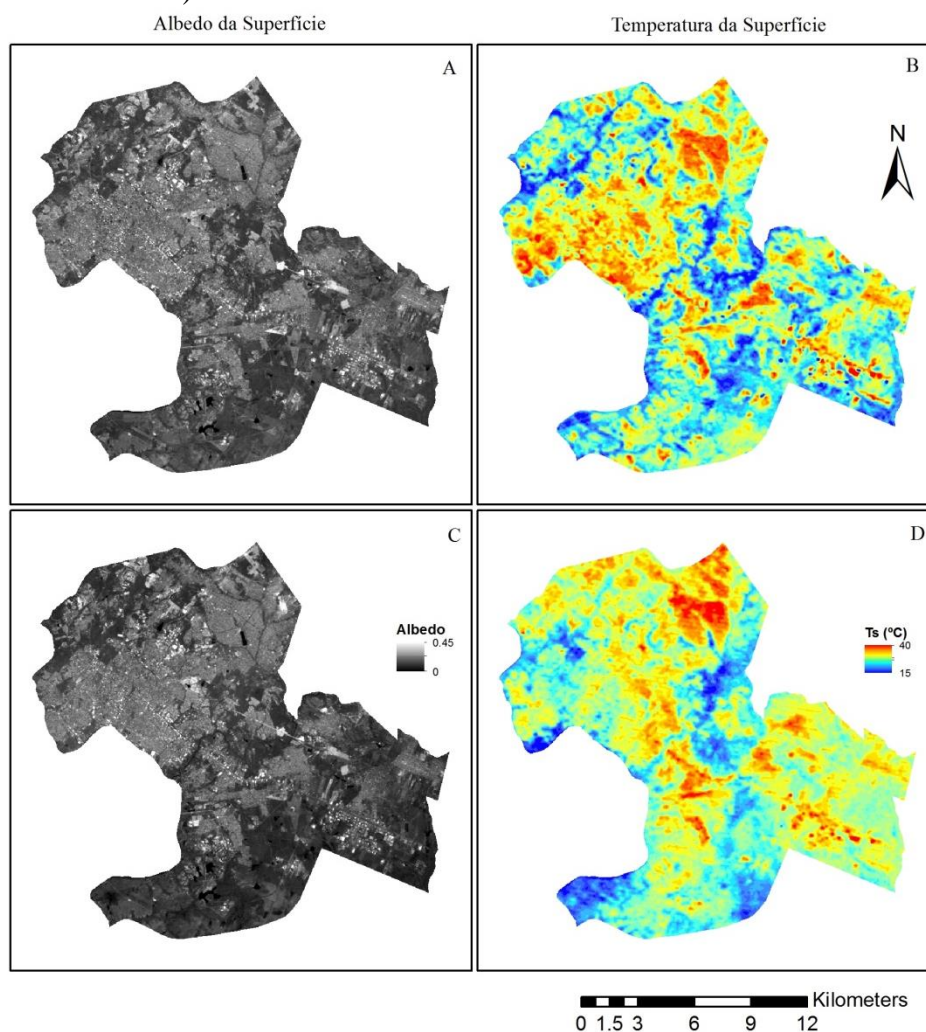


Figura 2 – Distribuição espacial do albedo e da temperatura da superfície da área urbana de Cuiabá, Mato Grosso, sendo A e B representam a imagem do dia 03 de junho, C e D a imagem do dia 10 de novembro.

Na imagem do dia 03 junho, Figuras 2 e 3, a vegetação densa apresentou menor albedo e menor temperatura da superfície em relação aos outros tipos de uso e ocupação do solo, variando de 0,10 a 0,13 e 20,2 a 21,5°C, respectivamente. Esses valores foram menores que os encontrados por Silva et al. (2005) em árvores frutíferas irrigadas, mas estiveram dentro da mesma faixa observada por Varejão (2000) e Querino et al. (2006). A vegetação rasteira apresentou maiores valores de albedo e temperatura da superfície que da vegetação densa, variando de 0,15 a 0,17 e 22,1 a 23,8°C, respectivamente. Os maiores valores de albedo da superfície foram observados em solo exposto, variando de 0,29 a 0,32. Silva et al. (2005) encontraram albedo de solo exposto da ordem de 0,30 a 0,45 no nordeste brasileiro. Os maiores valores de temperatura da superfície foram observados em áreas construídas, variando de 26,3 a 27,4°C.

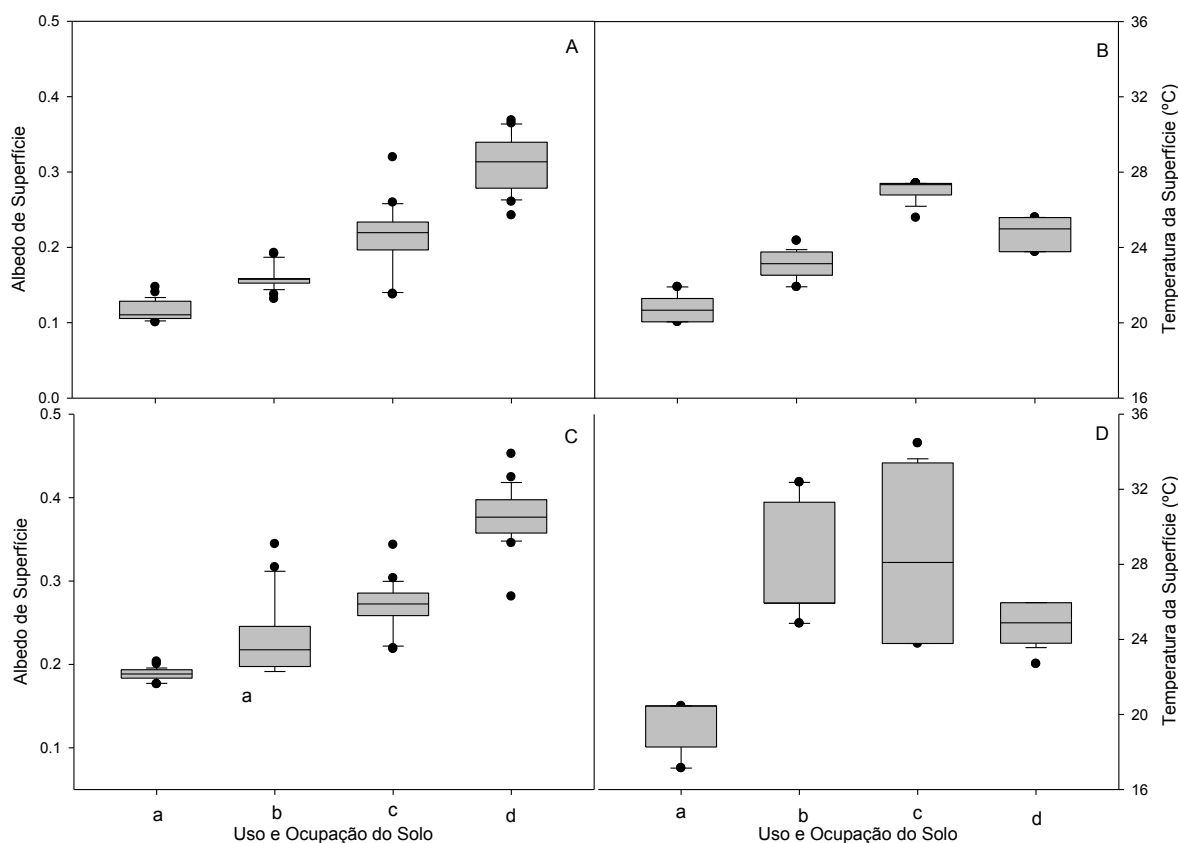


Figura 3 – Albedo da superfície durante o período seco (A) e chuvoso (C) e a temperatura da superfície durante o período seco (B) e chuvoso (D) obtidos sobre os diferentes uso e ocupação do solo: vegetação densa (a), vegetação rasteira (b), área construída (c) e solo exposto (d).

A variação espacial do albedo e a temperatura da superfície na imagem do dia 10 de novembro (Figuras 2 e 3) foi semelhante à do dia 03 de junho, no entanto, houve maior dispersão e amplitude do albedo e da temperatura da superfície em um mesmo uso e ocupação do solo. Os menores albedo e temperatura da superfície no dia 10 de novembro também foram observados na área de vegetação densa, variando de 0,18 a 0,19 e 17,5 a 20,4°C, respectivamente. A mudança no albedo da superfície entre o período seco e o chuvoso nas áreas com vegetação densa foi inversa à observada em Floresta Amazônica por Querino et al. (2006), o qual observou a diminuição do albedo no período chuvoso. A temperatura da superfície durante o período chuvoso foi semelhante na área construída e na vegetação rasteira, no entanto, o albedo da superfície da área construída, entre 0,25 e 0,28, foi maior que da vegetação rasteira. No solo exposto foram observados os maiores valores de albedo da superfície, atingindo até 0,39, mas temperatura da superfície esteve intermediária às observadas nos diferentes uso e ocupação do solo nesse trabalho, entre 23,5 e 25,9°C.

A menor variação do albedo e da temperatura da superfície em um mesmo uso e ocupação do solo ocorreu durante o período seco (Figura 4A). Pode-se observar que houve uma tendência de aumento da temperatura da superfície com o aumento do albedo da superfície, com exceção do solo exposto, que teve maior albedo em relação aos outros tipos de uso e ocupação do solo, mas sua temperatura foi inferior à da área construída. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato das áreas construídas armazenarem maior quantidade de energia e toda energia disponível ser transformada em calor sensível. Já no solo exposto, por dificilmente estar totalmente seco, a energia disponível é convertida em calor latente e sensível. Callejas et al. (2011) também observaram maior temperatura da superfície em área

C

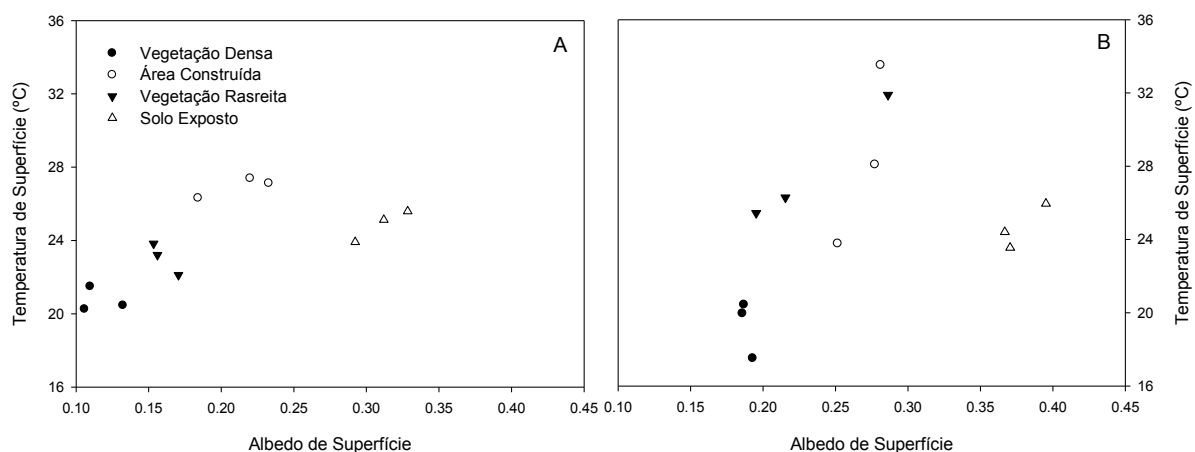


Figura 4 – Relação entre albedo e temperatura da superfície nos diferentes uso e ocupação do solo, extraídos da imagem (A) do dia 03 junho de 2009 (período de seca) e (B) do dia 10 novembro 2009 (período chuvoso).

3. Conclusão

A temperatura da superfície aumentou com o albedo da superfície nos diferentes uso e ocupação do solo da área urbana de Cuiabá, Mato Grosso. As áreas com vegetação densa apresentaram os menores valores de albedo e temperatura da superfície, enquanto que o solo exposto apresentou maior albedo da superfície e a área construída apresentou maior temperatura da superfície.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências Bibliográficas

Allen, R.; Bastiaanssen, W.; Waters, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), **Idaho implementation – Advanced training and user’s manual**, version 1.0, 2002.

Alves, E. D. L.; Biudes, M.S. Padrões da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa: Estudo de Caso no Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. **Boletim. Geográfico.**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 5-16, 2012.

Bastiaansen, W.G.; Menenti, M.; Feddes, R.A.; Holtslag, 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.

Callejas, I. J. A.; Durante, L.C.; Oliveira, A.S.; Nogueira, M.C.J.A. Uso do solo e Temperatura Superficial em Área Urbana. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 207-223, set./dez. 2011.

CUIABÁ. **Prefeitura Municipal**. Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano: Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá. Cuiabá, MT. 147 páginas. 2007.

Duarte, D. H. S.; Serra, G.G. Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental Brasileira: Correlações e Proposta de um Indicador. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.3, n.2, p. 7-20, abr./jun. 2003.

Machado, N.G.; Da Silva, F.C.P.; Biudes, M.S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 n. 3 set-dez. 2014, p. 459 – 469.

Maitelli, G.T. Balanço de Energia Estimado Para a Cidade de Cuiabá: Uma Abordagem de Balanço de Energia

pelo Método de Bowen. **Ambiente Construído**. e patr. sust. Belo Horizonte, v.4,n.1, jan./j u n.2010.

Querino, C. A. S.; Moura, M. A. L.; Lyra, R. F. F.; Mariano, G.L. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zênital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p.42-49, 2006.

Silva, B. B. DA; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.201-211. 2005.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital. Recife – PE, Brasil. 2006.