Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE CONTINENTAL (TSC) E O USO DA TERRA NA BACIA DA USINA HIDRELÉTRICA DE BARRA DOS COQUEIROS (GO), POR MEIO DO SENSORIAMENTO REMOTO

PEREIRA, Clarissa Cardoso – clarissageo@gmail.com
Geógrafa – Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí

MARIANO, Zilda de Fátima – zildadefatimamariano@gmail.com
Prof. Drª – Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí

WACHHOLZ, Flávio – fwalemao@gmail.com
Universidade do Estado do Amazonas

CABRAL, João Batista Pereira – jbcabral2000@yahoo.com.br
Prof. Dr – Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar a temperatura de superfície continental (TSC) nos diferentes usos da terra da bacia da Usina Hidrelétrica (UHE) de Barra dos Coqueiros. O uso da terra e estimativa da TSC foram realizados a partir da imagem do Landsat 5, em datas representativas dos períodos chuvoso e seco. A TSC foi calculada a partir da metodologia de Lucena (2012), na qual os dados de temperatura e umidade relativa do ar serviram para obtenção da TSC. Para o período seco, identificaram-se 6 usos (pastagens, matas, agricultura, água, cerrado e área urbana), sendo os mesmos para o período chuvoso, entretanto, com diferença nas áreas de pastagens que diminuíram e de cerrado e mata que aumentaram. A TSC no período chuvoso apresentou dois intervalos, entre 10,0º C e 45,0º C, em que as TSC amenas apresentaram-se nas áreas de lago e as elevadas predominaram na área urbana. A TSC no período seco apresentou intervalo entre 10,0 ºC e 50,0 °C, com valores amenos em área do reservatório e elevado em solo exposto. Constatou-se que a TSC apresentou comportamento espacial de acordo com os diferentes usos da terra e comportamento temporal no período seco e chuvoso, devido às condições da vegetação.

PALAVRAS-CHAVE: uso da terra, bacia hidrográfica, temperatura de superfície.

CONTINENTAL SURFACE TEMPERATURE (TSC) ASSESSMENT AND THE USE OF LAND IN THE BASIN OF THE HYDROELECTRIC PLANT OF BARRA DOS COQUEIROS (GO) BY MEANS OF REMOTE SENSING.
The aim of this study was to analyze the Land Surface Temperature (LST) in the different ground coverage at Barra dos Coqueiros Hydroelectric plant. The land use and the estimated LST were identified based on Landsat 5 image, in representative dates of rainy and dry seasons. The LST was calculated using Lucena's methodology (2012), in which the data temperature and relative humidity were used for obtaining the LST. For the dry period, we identified 6 uses (pastures, forests, agriculture, water, savana and urban area), and the same thing for the rainy season, however, with a difference in the areas of pastures – which decreased – and savana and forest that had an increase. The LST in the rainy season showed two ranges between 10.0ºC and 45.0ºC, where the mild LST were identified in the lake areas and the high ones predominated in the urban area. The LST in the dry period presented range between 10.0°C and 50.0°C, with mild temperature in the reservoir area and high temperature in exposed soil. It was found that the LST presented spatial behavior according to the different land uses and temporal behavior in the dry and rainy season, due to the condition of the vegetation.

Key Words: land use, hydrographic basin, surface temperature.

1. INTRODUÇÃO

A demanda cada vez crescente por maior produtividade de energia elétrica e água tem proporcionado uma pressão sobre os recursos naturais através da sua exploração acelerada. Para suprir estas necessidades nota-se modificação do meio, para terras

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

agricultáveis, pastagens e construção de empreendimentos hidrelétricos, nos quais a remoção da vegetação desencadeia mudanças nas condições naturais do ambiente.

Mudança no uso da terra e na cobertura vegetal é um dos principais responsáveis por impactos ambientais; dentre estes se destacam as alterações na condição da temperatura superficial terrestre (TS) e na atmosfera, que influenciam na temperatura do ar e do solo, na umidade relativa do ar e na pluviosidade.

Os impactos ambientais sobre o clima necessitam de estudos em diferentes escalas e diferentes formas de análise, como maneira de melhor compreender como essas alterações climáticas afetam negativamente a população no âmbito social e econômico.

Visando a compreensão das consequências advindas das modificações do uso da terra, provocadas pelo processo de alteração do meio natural e as implicações socioambientais, principalmente ocasionadas pelos empreendimentos hidrelétricos, desenvolve-se desde 2010, na bacia do Rio Claro (Goiás) o projeto Pró-Centro-Oeste, intitulado "Análise do impacto da ação antrópica nas características hidrossedimentológica/limnológica da bacia do Rio Claro (GO)", que visa analisar os impactos ambientais presentes nas áreas de influência da Usina Hidrelétricas (UHE) de Barra dos Coqueiros e UHE de Caçu, na bacia do Rio Claro (GO).

A bacia da UHE de Barra de Coqueiros é uma região de preocupação, quando referimos à questão ambiental, tendo em vista que sofreu com a rápida conversão dos cerrados em pastagens, culturas e, atualmente, com advento da cana-de-açúcar pelas indústrias sulcroalcooleiras e os empreendimentos hidrelétricos instalados no Rio Claro, que proporcionaram mudanças no ambiente.

Além dessas atividades, hoje, na bacia, foram instaladas hidrelétricas devido aos aspectos geográficos (climáticos e ambientais) favoráveis. Essas hidrelétricas proporcionaram modificações da paisagem natural que, consequentemente, podem configurar mudanças de natureza microclimática e climática local.

Diante dessas implicações que podem influenciar o clima, a bacia do Rio Claro necessita de estudos que avaliem, em diferentes escalas, as alterações no clima local e, por este mesmo motivo, o objetivo desse ensaio foi analisar a temperatura da superfície continental (TSC) nos diferentes usos da terra identificados na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros no período seco e período chuvoso.

As técnicas de análise climáticas tradicionais apoiam-se no registro de dados pontuais que em sua maioria, coletado por estações meteorológicas, muitas vezes não são capazes de cobrir o espaço de forma a permitir uma análise detalhada do clima de um dado lugar. Entretanto, a partir do desenvolvimento das geotecnologias, principalmente do sensoriamento remoto, desenvolveram-se técnicas promissoras que serviram de apoio para a análise climática.

Os dados obtidos por meio de imagens de satélites apresentam a vantagem de serem mais homogêneos que os coletados em estações convencionais, fornecem maior frequência de informações sobre a cobertura, e permitem análise de dados em alta resolução espacial e temporal em áreas inóspitas ou desabitadas do mundo, como os desertos e os oceanos que não são servidas por estações meteorológicas (STEINKE, 2004; AYOADE, 1996).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Para Ayoade (1996), os satélites permitem uma cobertura objetiva, abrangendo grande área e proporcionam medir a radiação solar em uma posição situada fora da atmosfera terrestre, porém alerta que existem problemas associados à operação, análise e uso dos dados obtidos, em que "precisa haver um entendimento de que as observações de satélites são realmente de natureza complementar às medidas convencionais e não podem substituí-las. Isso porque os satélites são plataformas de sensoriamento remoto que investigam a atmosfera através de instrumentos em contato direto com ela" (AYOADE, 1996, p.8).

Apesar desses problemas apontados, novas técnicas têm aperfeiçoado os dados provenientes de diversos sensores, com melhores resoluções e maior precisão do sensoriamento remoto permitindo novas aplicações. Na climatologia têm sido utilizadas na análise de ilhas de calor, diferença térmicas entre o ambiente urbano e rural, no uso do solo, em índices de vegetação, albedo, em áreas urbanas, porém nas áreas predominantemente rurais os trabalhos concentram-se nestas três últimas análises.

Considerado como um conjunto de tecnologia que envolve a medição das propriedades físicas de um objeto à distância, o sensoriamento remoto, em outras palavras, segundo Rosa (2009, p.11), "pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo".

A aquisição de dados realizada por satélites em órbita ao redor da Terra é feita basicamente a partir da radiação eletromagnética emitida por todas as substâncias, sendo esta a base do sensoriamento remoto, por se constituir, segundo Novo (2008, p.12), "no meio pelo qual a informação é transferida do objeto ao sensor".

O conjunto de diferentes tipos de radiação eletromagnética constitui o espectro eletromagnético que é ordenado de acordo com o comprimento de onda, medido normalmente em micrômetros (μm), sendo divido em três faixas (bandas) em função das características de cada região: faixa do ultravioleta (UV), visível (VIS) e infravermelho próximo (IVP) (PEREIRA, et al, 2002; FERREIRA, 2006).

O infravermelho termal é composto por radiação de ondas longas, e denomina-se termal porque o que se detecta no sensor é a radiação emitida pelos objetos, cuja intensidade é função da sua temperatura de superfície. Devido a essa característica, a partir do canal termal, a temperatura de superfície pode ser empregada para detecção e monitoramento de culturas, secas, do mar, identificação de queimadas, para o estudo do balanço de radiação na superfície e em estudos de mudanças climáticas (ROSA, 2009).

Evidencia-se na literatura que, em alguns trabalhos, o conceito de Temperatura de Superfície Continental (TSC) é usado de forma errônea, pois a mesma é confundida com temperatura de brilho no nível do satélite, com a temperatura aparente ou simplesmente utiliza o valor do pixel, o Digital Number (DN) para suas aplicações (QIN, et al, 2001; LUCENA, 2011).

A TSC é o fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do corpo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera, que por meio de técnica radiométrica é determinada a partir da detecção da radiação de onda longa emitida na faixa do infravermelho (GUSSO, et al, 2007).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Especificamente, o intervalo de 8 a 14 μm, é a faixa que permite a melhor transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor na região do infravermelho termal do espectro eletromagnético. Esta faixa é uma janela atmosférica que consiste na "[...] região onde ocorrem as menores interações da atmosfera com a radiação emitida ou refletida pela superfície da Terra. Sensores posicionados de maneira a detectar a radiação, nesta região do espectro eletromagnético, têm sido amplamente utilizados para determinação da TS" (GUSSO et al, 2007).

Por este motivo, o infravermelho termal tem sido amplamente utilizado para a determinação da TS. Porém, mesmo sendo uma janela atmosférica, não pode ser totalmente desconsiderada devido à atenuação da radiação eletromagnética, provocada, principalmente, pelo vapor d'água (ZULLO JUNIOR, 1994).

A metodologia apresentada por Souza e Silva (2005), teve como principal objetivo estimar a TSC, considerando a correção atmosférica e a emissividade da superfície terrestre por meio de imagens Landsat 5 e dados de campo (temperatura, pressão e umidade relativa). Para estes autores, a correção atmosférica trata-se da conversão dos DN dos pixels da imagem em temperatura e reflectância, eliminando os efeitos que a atmosfera causa no sinal do satélite. A correção faz-se necessária para que os valores de TS estimados sejam mais precisos.

Quanto à emissividade da superfície, essa é obtida de acordo com a proposta de Van de Griend e Owe (1993) citados por Souza e Silva (2005), a qual é definida por meio de uma relação entre a emissividade e o NDVI.

Souza e Silva (2005) recomendam que a metodologia seja aplicada apenas para regiões de pequena escala, em que seja possível assumir que a temperatura próxima à superfície seja isotermicamente homogênea, e em regiões onde sejam pequenas as diferenças entre as características dos tipos de solo que compõem a superfície, uma vez que se assume uma temperatura média fixa estimada em função da temperatura do ar próxima à superfície.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia da UHE de Barra dos Coqueiros consiste em um trecho do Rio Claro, localizada entre os municípios de Cachoeira Alta (GO) e Caçu (GO), situada na Microrregião de Quirinópolis, ao sul do estado de Goiás (Figura 1). É uma região que sofreu algumas modificações, principalmente devido à implantação da UHE, cujo reservatório ocupa uma área de aproximadamente 518,5Km², sendo 48% dessa área pertencente ao município de Caçu e 52% ao município de Cachoeira Alta. O potencial instalado da UHE é de 65MW, ocupando uma área inundada de 24,11 Km² (NOVELIS, 2005).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

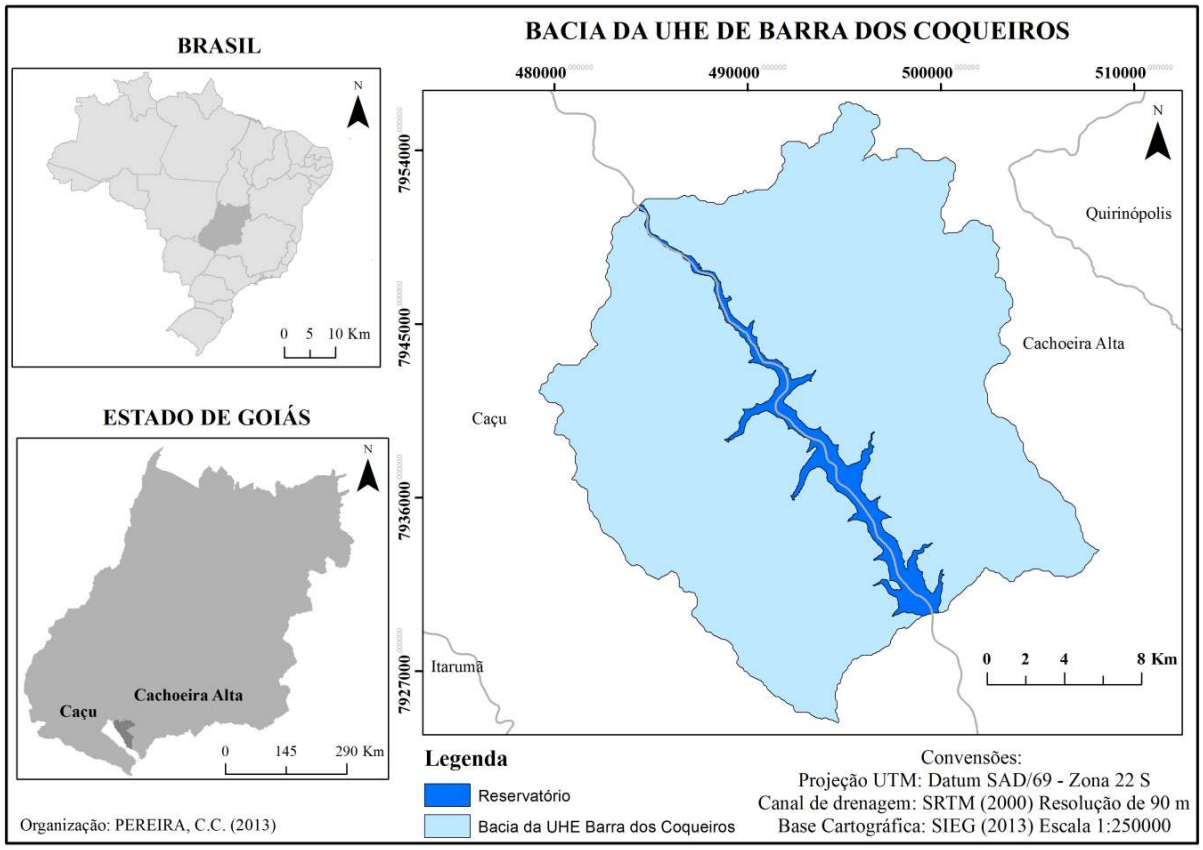

Figura 1 - Localização da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros
Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

Para análise da temperatura da superfície continental (TSC) nos diferentes usos da terra identificados na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, procedeu-se, inicialmente, à aquisição de dados primários (imagens de satélite e dados climáticos) e posteriormente realizou-se o mapeamento do uso da terra e a estimativa da TSC e de dados climáticos.

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5, de ponto/órbita 255/73 que recobrem a área de estudo, nas datas de 17/04/2011 e 08/09/2011, disponíveis no banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As bandas 3, 4 e 5 foram utilizadas para o mapeamento do uso da terra e a banda 6 (canal termal) para a estimativa da TSC.

Os dados climáticos, de temperatura e umidade relativa do ar, necessários para a obtenção da TSC, foram adquiridos através da rede de termohigrômetros instalados no interior da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros (Figura 2). Para tanto, selecionaram-se dados na data das imagens e no horário de passagens do satélite, às 10h17min.

O mapeamento do uso da terra foi realizado no programa ArcGis® 10.1, no qual as imagens foram classificadas de forma não-supervisionada. Após as classes serem identificadas automaticamente pelo programa - e para garantir uma classificação mais apurada dos usos identificados em campo - procedeu-se um processo de pós-classificação, verificando os agrupamentos de pixel correspondiam à realidade.

Procedeu-se à estimativa da TSC, de acordo com a metodologia utilizada por Lucena (2012), que, por sua vez, baseou-se nos trabalhos de Qin et al (2001), Jimenez-Munoz e Sobrinho (2003) e Souza e Silva (2005). Para tanto, a banda 6 passou por uma

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

correção (equação 1), realizada de acordo com a constante de calibração (Tabela 1) (CHANDER e MARKHAM, 2003).

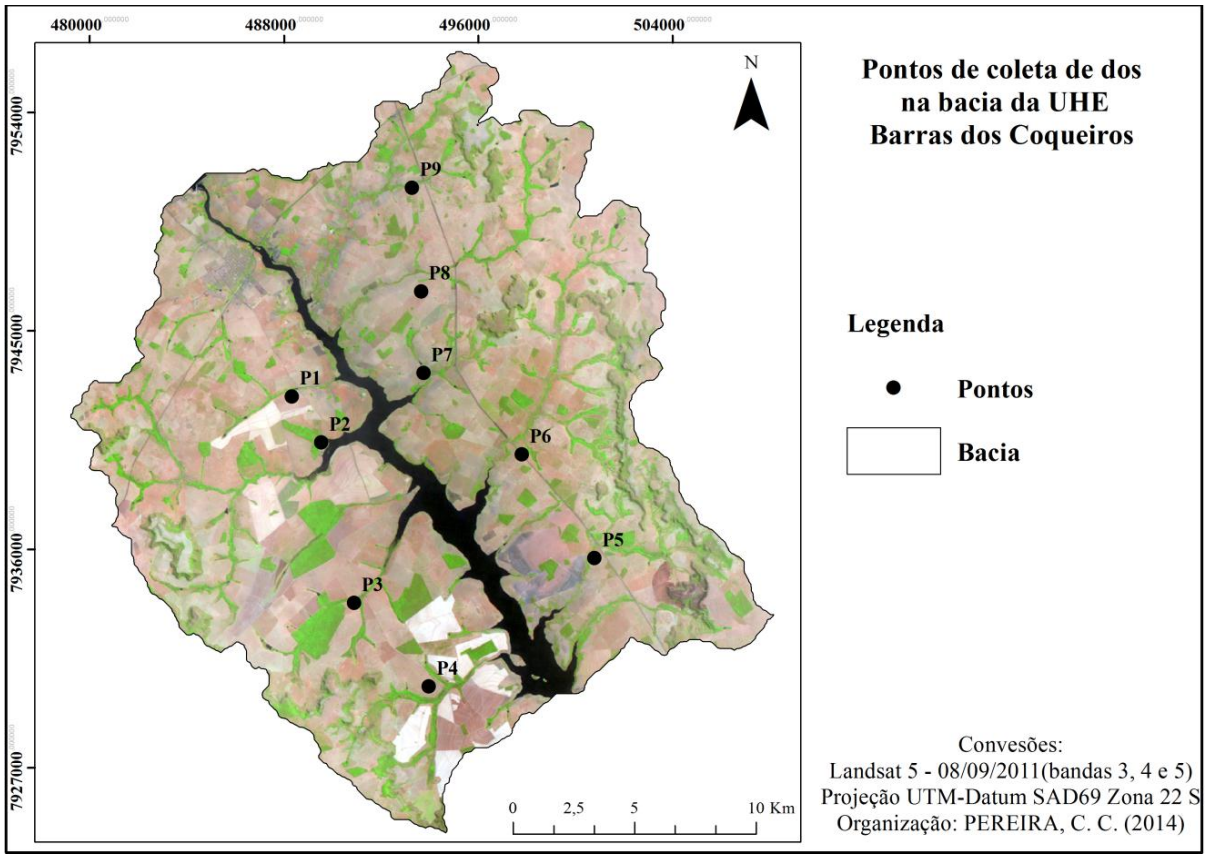

Figura 2 - Localização dos pontos de coleta de dados
Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

$$L_i = \left(\frac{LMAX_i - LMIN_i}{Qcal_{MAX}}\right) Qcal + LMIN_i \quad (1)$$

Tabela 1 – Constante de calibração para sensor do Landsat 5

Canais	**LiMAX**	**LiMIN**	***Qcal***	**Qcal*max***
3	264	-2,8	0	255
4	221	-1,51	0	255
5	30,2	-0,37	0	255
6	15,3032	1,2378	0	255

Organização: PEREIRA, C. C (2013) adaptado de LUCENA (2012).

A TSC foi calculada através da equação 2. Entretanto, antes desse cálculo, é preciso obter a temperatura de brilho (equação 3) e também o ΔT (equação 4), que é o fator de correção (SOUZA e SILVA, 2005).

$$T_s = T_b + \Delta T \quad (2)$$

A temperatura de brilho é dada por (equação 3):

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{Li} + 1\right)} \quad (3)$$

O fator de correção (equação 4) (SOUZA e SILVA, 2005)

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

$$\Delta T=\frac{B_i(T_b)\left(\frac{1}{\alpha_1}-1\right)-\frac{\alpha_2}{\alpha_1}B_i(T_a)}{\frac{\partial B_i T_b}{\partial T_b}} \quad (4)$$

No qual α_1 e α_2 são definidos como (equação 5 e 6):

$$\alpha_1 = \tau_i \ \varepsilon_i \quad (5)$$

$$\alpha_2 = (1 - \tau_i)[1 + (1 - \varepsilon_i)\tau_i] \quad (6)$$

Onde:
ε_i = emissividade em que foi adotado o valor de 0.96 (SOUSA e FERREIRA JUNIOR, 2012) e a transmitância atmosférica (τ_i), expressa pela equação (7) (SOUZA e SILVA, 2005):

$$\tau_i = 0.951 - 0.01 \cdot w \cdot \exp\left(\frac{3w}{1+w}\right) \quad (7)$$

$$w = 0{,}493 \cdot UR \cdot \frac{e_S}{T_0} \quad (8)$$

$$e_s = 0{,}01\exp\left(26{,}23 - \frac{5416}{T_0}\right) \quad (9)$$

Para obter o ΔT a partir da equação 4, ainda é necessário conhecer a temperatura média da atmosfera (T_a), conforme a equação 10 (QIN et al, 2001):

$$T_a = 19.73 + 0.909T_0 \quad (10)$$

Mediante a obtenção dos valores de TS da imagem de satélite, os dados foram espacializados no programa ArcGis® 10.1 para análise do comportamento da TS nos diferentes usos da terra da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros e comparados com os dados de temperatura do ar (TA), coletados em campo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do uso da terra tornou-se uma ferramenta fundamental para a compreensão da organização do espaço de uma região. Para a caracterização dos tipos de categorias de vegetação que reveste o solo, segundo Rosa (2009, p. 171) "estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou quando não utilizado pelo homem". Esses conhecimentos se constituem numa forma de identificar os efeitos dos impactos ambientais, principalmente de origem antrópica, no meio.

Dessa forma, com os usos da terra identificados na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, verifica-se que ação antrópica é o principal agente causador da modificação paisagem na bacia, uma vez que foram identificados em maior proporção os usos para pastagens, agricultura, área urbana e área do reservatório da UHE.

A modificação ocorrida na bacia deve-se primeiramente pela remoção de áreas de mata e cerrado para as pastagens, conforme verificado por Paula e Cabral (2011), os quais analisaram a bacia no período de 1990 a 2010 identificaram uma redução de 7,27% da área de vegetação (mata e cerrado) para pastagens. Em seguida, embora

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

pouco expressivo, houve diminuição da área de pastagens para agricultura com a introdução para o cultivo de grãos, sobretudo para cultura da cana-de-açúcar, a área urbana apresentou um aumento de 0,14% e área alagada pelo reservatório cresceu de 0,88% para 4,85%.

No período chuvoso, representado pela imagem do dia 17/04/2011, na bacia da UHE Barra dos Coqueiros, foram identificadas 6 usos da terra (Figura 3 e Tabela 2). A maior porção (70,5%) da área da bacia é coberta por pastagens, seguida por matas (15,8%) e os outros 13,7% dos usos identificados foram: agricultura, área urbana, corpos d'água e cerrado.

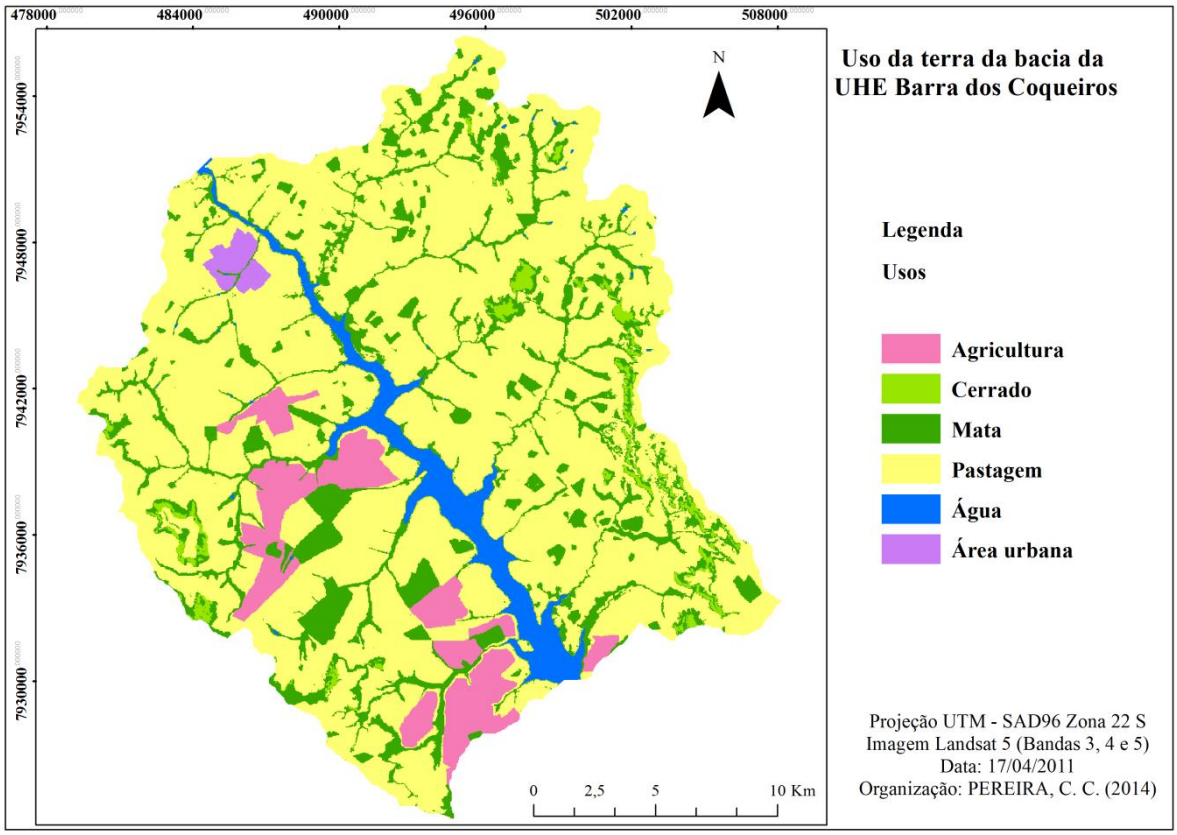

Figura 3 – Uso da terra da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros no período chuvoso
Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

Tabela 2 - Áreas de uso da terra na bacia da UHE Barra dos Coqueiros no período chuvoso

Uso da terra	**Área (Km²)**	**Área (%)**
Pastagens	365,7	70,5
Mata	82,1	15,8
Agricultura	34,3	6,6
Água	22,9	4,4
Cerrado	9,6	1,9
Área urbana	4,1	0,8
Total	**518,5**	**100,00**

Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

A pastagem, distribuída em 365,7 Km², é constituída predominantemente por gramíneas para alimentação do gado para corte e para leite. Uma das consequências da pecuária é a retirada da vegetação das matas ciliares que protegem os tributários do reservatório, que provoca, segundo Rocha (2012, p. 71), "o surgimento de erosões do

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

solo ao longo da bacia e, consequentemente, o transporte e deposição do material particulado na rede de drenagem".

As áreas de mata e cerrado, totalizando 17,7%, localizam-se próximas ao curso dos afluentes do Rio Claro e nas encostas de morros da bacia. As matas, em grande parte, tratam de Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e matas ciliares que, segundo Rosa (2009, p. 173) são classificadas como mata e "ocupam os vales dos canais de drenagem bem marcados, [...], sempre associadas a solos bastante úmidos". Já os cerrados distribuídos nas encostas dos morros ou sob os topos dos mesmos, localizam-se nas bordas da bacia, tanto a oeste e como a leste.

O uso da terra para agricultura é pouco expressivo (34,2 Km²), e predominam a oeste e ao sul da bacia, no qual o solo estava recoberto por cultivo de soja, milho ou cana de açúcar, sendo que esta última tem predominado na bacia, principalmente, com a implantação de uma usina sulcroalcooleira na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros no município de Cachoeira Alta.

Os usos da terra pela água (22%) e área urbana (4,1%), embora não apresentem uma porcentagem expressiva da área total da bacia, são usos de importância a bacia, principalmente a área de água represada pelo reservatório da UHE que foi instalado em 2010.

No período seco, em 08/09/2011, foram identificados os mesmos usos da terra presentes no período chuvoso, entretanto, com diferença no quantitativo das áreas de pastagem que diminuíram e das áreas de cerrado e mata que aumentaram em relação ao outro período analisado (Figura 4 e Tabela 3).

As porções de áreas de mata, pastagens e cerrado alteraram, destacadas em negrito na Tabela 4, em função das características da própria da vegetação de cada período, seco e chuvoso. No caso das pastagens, no período chuvoso, apresentaram 365,7 Km² e diminuíram no período seco para 358,6 Km², devido à facilidade da pastagem, com vegetação seca, ser facilmente confundida com áreas de cerrado, que, do período chuvoso (82,1 Km²) para o período seco (84,4 Km²), aumentaram. Outra explicação é que, no período chuvoso, o cerrado permanece mais evidente, distinguindo-se melhor das áreas de pastagem e também porque neste período a pastagem confunde-se com áreas de mata por estarem mais densa. Os demais usos (agricultura, água e área urbana) permaneceram com a mesma quantidade de área.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

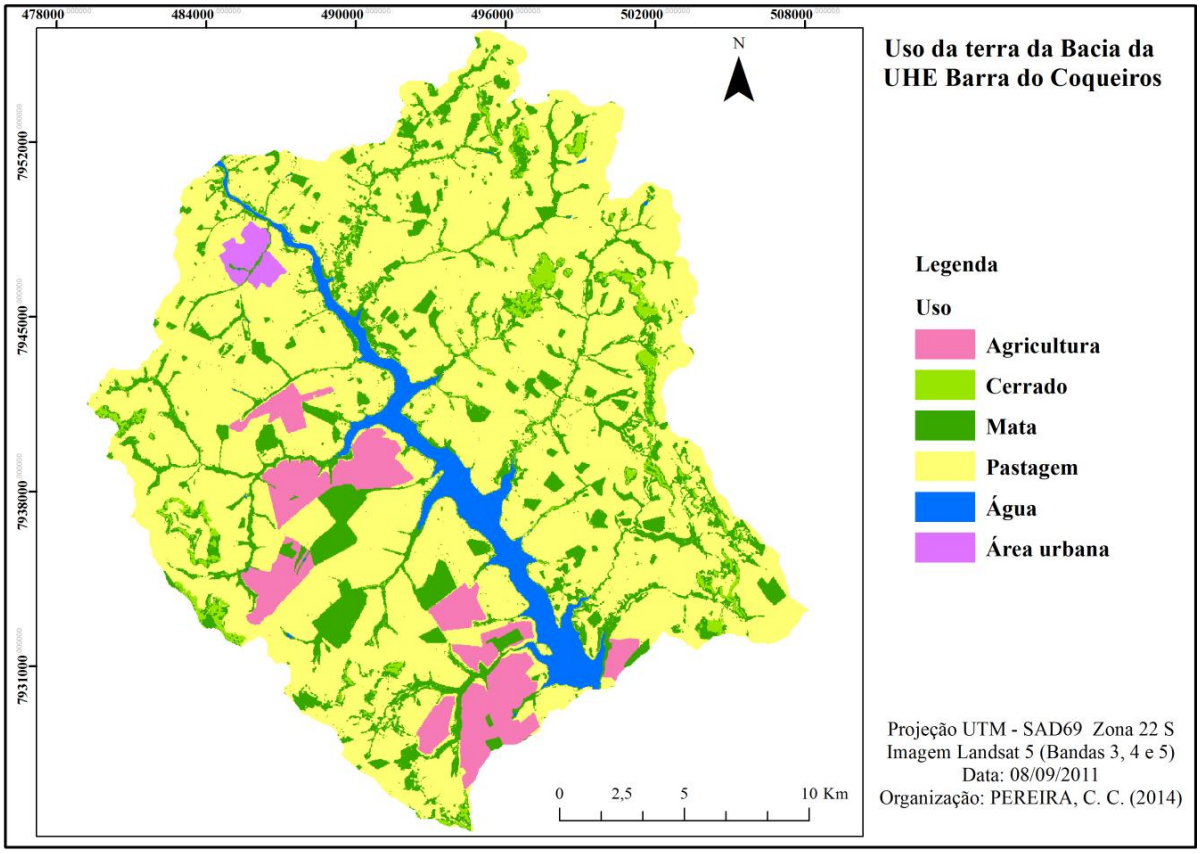

Figura 4 – Uso da terra na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, no período seco
Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

Tabela 3 – Áreas de uso da terra na bacia da UHE Barra dos Coqueiros no período seco

Uso da terra	**Área (Km²)**	**Área (%)**
Pastagens	358,6	69,2
Mata	84,4	16,3
Agricultura	34,3	6,6
Água	22,9	4,4
Cerrado	14,4	2,8
Área urbana	4,1	0,8
Total	**518,5**	**100,00**

Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

Tabela 4 – Diferenças no uso da terra entre os períodos chuvoso e seco

Uso do solo	**Período chuvoso**		**Período Seco**	
	Área (Km²)	**Área (%)**	**Área (Km²)**	**Área (%)**
Pastagens	**365,7**	**70,5**	**358,6**	**69,2**
Mata	**82,1**	**15,8**	**84,4**	**16,3**
Agricultura	34,3	6,6	34,3	6,6
Água	22,9	4,4	22,9	4,4
Cerrado	**9,6**	**1,9**	**14,4**	**2,8**
Área urbana	4,1	0,8	4,1	0,8
Total	**518,5**	**100,00**	**518,5**	**100,00**

Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

A ação antrópica é o principal agente causador da modificação na paisagem da bacia, e deve-se, primeiramente, pela remoção de áreas de mata e cerrado para as pastagens, conforme verificado por Paula e Cabral (2011), os quais analisaram a bacia

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

no período de 1990 a 2010 e identificaram uma redução de 7,27% da área de vegetação (mata e cerrado) para pastagens. Em seguida, embora pouco expressivo, houve diminuição da área de pastagens para agricultura com a introdução para o cultivo de grãos, sobretudo para cultura da cana-de-açúcar. A área urbana apresentou um aumento de 0,14% e área alagada pelo reservatório cresceu de 0,88% para 4,85%.

No período chuvoso, data de 17/04/2011, a TS apresentou dois intervalos, compreendidos entre 10,0 e 30,0°C e entre 40,0 e 45,ºC (Figura 5). Evidenciam, naquele primeiro intervalo, que os menores valores de TS apresentaram-se nas áreas de lago, próximos às drenagens e nos topos de morros. Já o outro intervalo predominou ao norte, onde se localiza a área urbana do município, e a sudoeste, em locais de pastagem, e agricultura ao sul e ao noroeste da bacia.

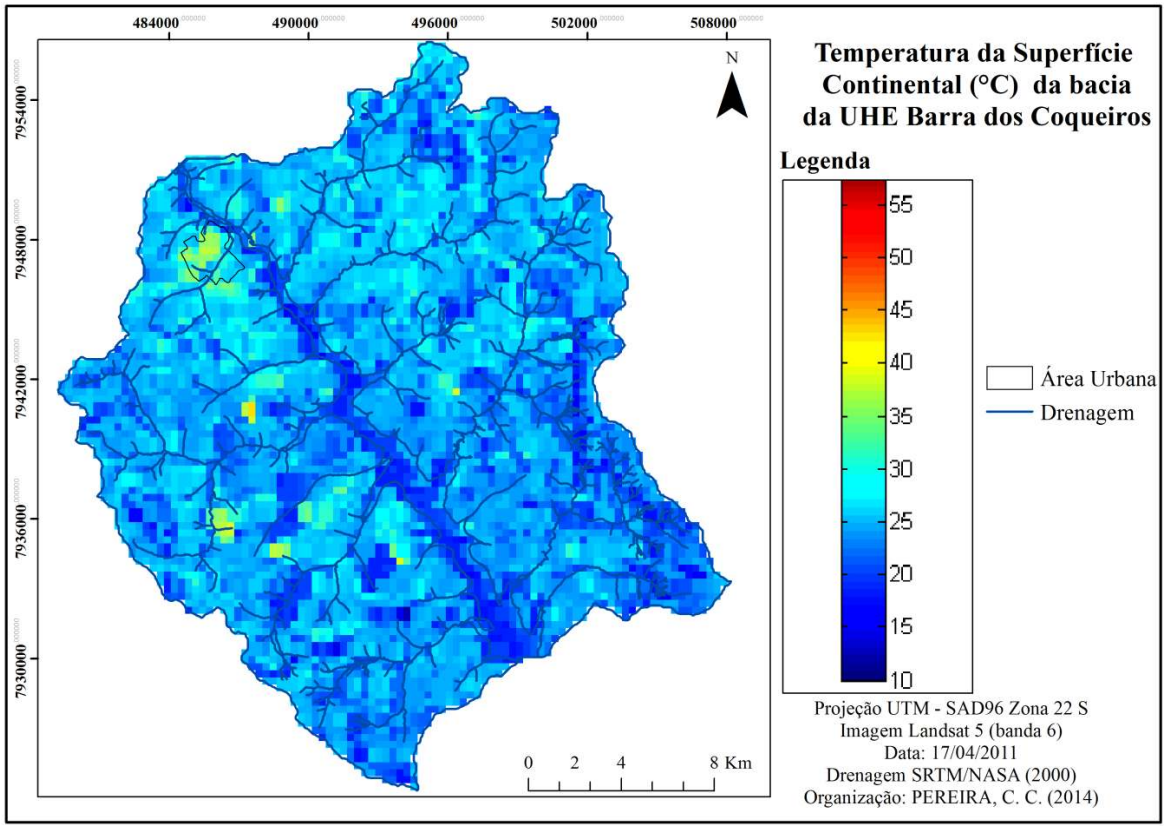

Figura 5 - Temperatura de superfície continental, no período chuvoso
Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

A TSC apresentou valores abaixo de 30,0ºC, pelo fato de que, no período chuvoso, a vegetação é mais densa e as áreas de pastagens que apesar de conter pouca vegetação proporciona condições para valores de temperatura mais amenos, quando comparadas com a temperatura na área urbana. Este comportamento deve-se ao fato de as superfícies escuras, como as folhas verdes, absorverem mais energia solar, ou seja, irradiam menos calor (PRIMAVESI et al, 2007).

Já as TSC mais elevadas, concentradas na área urbana, devem-se ao fato de que o ambiente urbano, geralmente constituído de solo impermeabilizado por asfalto e alta densidade de construções caracteriza-se por absorver mais radiação solar, transformando-a em calor, o que, e consequentemente, aumenta a temperatura. Pelo contrário, o ambiente rural, com baixa densidade de construções e maior quantidade de vegetação, tende a apresentar valores de temperatura baixos (MARTINS e MACHADO, 2010).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Com relação ao uso da terra e à TSC (Figuras 3 e 5), para o período chuvoso, observa-se que as áreas de pastagens e agricultura apresentaram valores próximos a 25,0 e 30,0ºC, com exceção das áreas de agricultura a oeste e sudoeste, na margem direita da bacia, que apresentaram TSC mais elevadas (entre 40,0 e 45,0ºC). Essa proximidade do comportamento da TSC entre pastagens e agricultura, explica-se pela presença de vegetação nestes locais, o que contribui para o comportamento da TSC. Valores de TSC mais elevados em áreas de agricultura podem ser explicados, visto que, mesmo contendo cultura plantada, apresentam áreas com solo com pouca proteção ou até totalmente descoberto pela vegetação, o que contribui para temperaturas mais elevadas.

Em relação ao comportamento da TSC para o período seco, representado por 08/09/2011, predominou na bacia da UHE Barra de Coqueiros o intervalo entre 10,0 e 50,0°C, configurando em uma amplitude térmica de 40,0ºC (Figura 6). Neste intervalo, nota-se que os valores mais amenos (de 10,0 a 25,0°C) concentram-se na área alagada do reservatório, próximos aos afluentes com mata ciliar, nos locais com APP e morros na porção leste da borda da bacia. Outro intervalo evidente na bacia foi entre 40,0 e 50,0°C, localizado principalmente nas porções sul, sudeste e oeste da bacia, que são locais com agricultura, porém, com solo exposto e área de pastagem degradada.

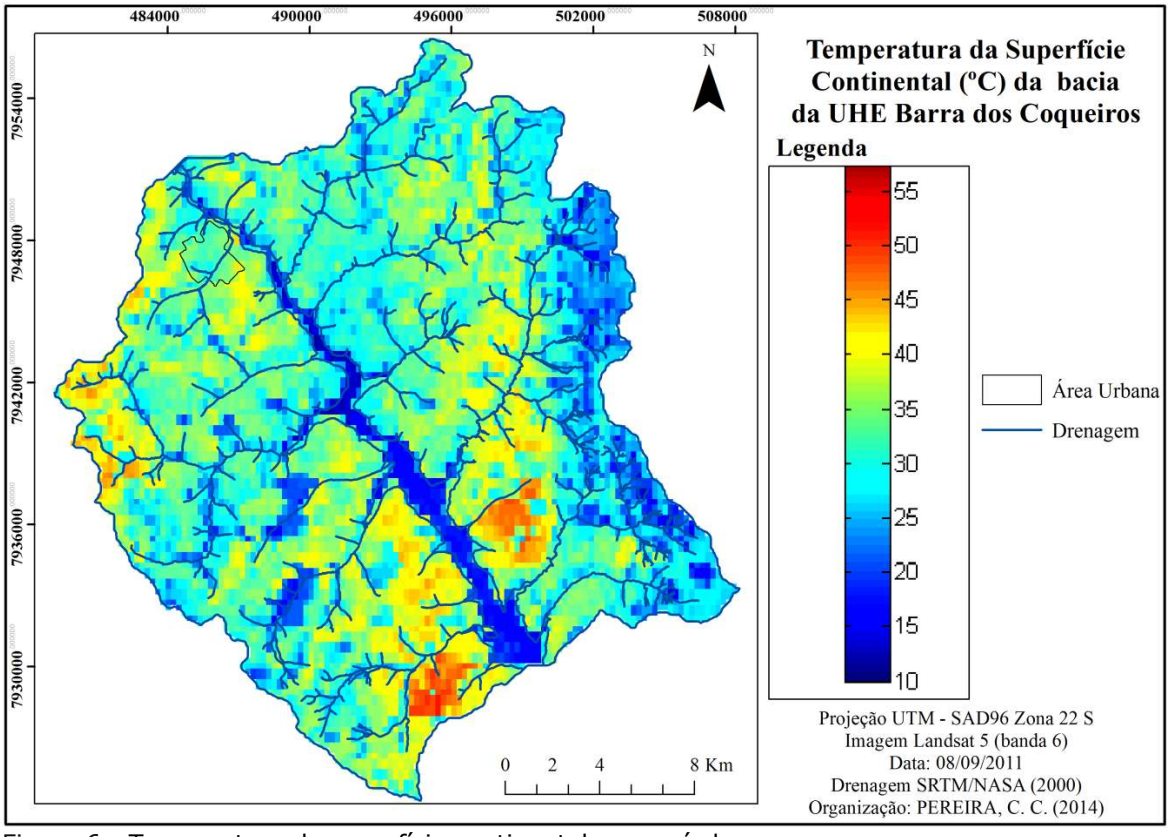

Figura 6 - Temperatura de superfície continental, no período seco
Organização: Pereira, Clarissa Cardoso (2014)

O comportamento das áreas de mata e cerrado com valor de TSC menores, (25,0°C) encontradas na bacia, assemelha-se ao resultado constatado por Oliveira e Rosa (2013) ao identificarem, numa imagem de setembro de 2010, valores de TSC amenos, no intervalo de 21,0 a 19,0ºC, relacionados à presença de mata ciliar, reflorestamento e cerrado.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Os locais da bacia constituídos por pastagens, que correspondem a 69,2% de área, apresentaram TSC com valores elevados de temperatura (de 30,0 a 40,0ºC), apesar de conterem vegetação, pois, no período seco, segundo Primavesi et al (2007, p.27), "quando as folhas secam, o albedo aumenta e elas refletem mais radiação". Exemplo dessa área foi o local na margem direita do reservatório, no sentido sudoeste, com valores de TS superior a 45,0ºC. Entretanto, o aquecimento da pastagem com vegetação seca é ainda menor quando comparadas às áreas de solo exposto, apresentando áreas com 50,0ºC de TSC, localizadas na margem esquerda do reservatório na porção sudoeste da bacia.

Numa análise geral da representação da distribuição da TSC nos períodos, chuvoso e seco, demonstrou-se que, em ambos, ocorreram diferenças nos valores de TSC, de uma classe de uso da terra para outra, sendo que numa escala do menor para o maior valor de TSC, em primeiro lugar o reservatório, depois os corpos d'água, as matas ciliares, APPs e a vegetação dos morros, a área urbana e as pastagens e, por fim, as áreas de agricultura, principalmente o solo exposto do período seco.

Entretanto, notam-se diferenças do comportamento da TSC entre os dois períodos, especialmente nas áreas de pastagens e de agricultura. Essas diferenças devem-se à condição da vegetação, tanto para cultura, pastagem e até as áreas de mata e cerrado, que no período chuvoso apresentaram-se mais densas e, em contrapartida, no período seco a vegetação é escassa e seca.

Na área urbana municipal, os valores de TSC são mais elevados em relação à sua região circunvizinha, compreendida por pastagem. As diferenças de TSC, entre o urbano e o rural, são mais evidentes no período chuvoso, em que o comportamento da TSC assemelhou-se às áreas de agricultura. No período seco, essas diferenças não foram tão marcantes e os valores de TSC da área urbana se igualaram aos valores de algumas áreas de pastagens.

A condição da vegetação existente na bacia, seja pela presença ou ausência, propiciou a elevação ou diminuição da TSC, demonstrando a importância da vegetação como papel regulador para a superfície, para que haja ambiente com condições adequadas para exercer suas funções (PRIMAVESI et al, 2007).

4. CONCLUSÕES

Com base nos dados apresentados e nas análises realizadas, pode-se constatar que a TSC apresentou dois comportamento distinto. Espacialmente, a TSC apresentou, nos períodos chuvoso e seco, comportamento distinto nos diferentes usos da terra, no qual as temperaturas mais elevadas ocorreram em áreas de solo exposto, pastagens degradadas e nas áreas urbanas. Já as temperaturas mais amenas ocorreram em áreas próximas ao reservatório, a cursos d'água, mata ciliar, APPs e à vegetação presente nos morros.

. Entre os diferentes usos da terra e a TSC, as condições da vegetação foram um fator que influenciou o comportamento temporal da TSC, especificamente as diferenças entre o período chuvoso, com vegetação mais densa, e o período seco, com vegetação escassa, a exemplo das pastagens, ligadas diretamente à capacidade da superfície em

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

refletir mais ou menos radiação, e, consequentemente, no aumento ou diminuição da temperatura da superfície. E no período seco, evidenciou-se que, nas áreas de solo exposto e áreas com pastagens degradadas as TSC foram elevadas, formando ilhas de calor.

Na área urbana municipal, os valores de TSC foram mais elevados em relação à sua região circunvizinha, compreendida por pastagem, demonstrando que, mesmo uma área urbana de pequeno porte, como a cidade de Caçu (GO), merece atenção e estudo quanto ao clima urbano, de modo que este garanta qualidade de vida aos cidadãos, principalmente se as áreas de pastagens ao redor foram substituídas por agricultura.

A quantidade de áreas preservadas de mata e cerrado, de apenas 17,7% da área total da bacia, demonstrou a pressão sofrida neste ambiente por atividades antrópicas e, por conseguinte a fragilidade na bacia para preservação do meio. Portanto, as áreas de mata na bacia necessitam de preservação não só pela quantidade, mas também pela qualidade do ambiente, uma vez que estas áreas são essencialmente importantes para microclima, como reguladores térmicos ao refletirem radiação, contribuindo para temperaturas menores.

Portanto, diante dessas implicações ambientais, principalmente decorrente da ação antrópica, presentes na bacia, fica evidente que a mesma necessita de atenção, no que se refere às áreas de pastagens em estado degradado e de solo exposto, pois propiciam a elevação de TS, tendendo a temperaturas elevadas na área urbana, com a diminuição da área de mata.

5. **AGRADECIMENTOS:** Ao apoio financeiro da bolsa REUNI no período de 2012 a 2014, financiada pelo projeto Pró-Cerrado: Análise do impacto da ação antrópica nas características hidrossedimentológica/limnológica da bacia do Rio Claro-GO, do CNPq, sob nº. 564525/2010-3, vigência 2012-2013. E pelo projeto "A geração do clima em cidades pequenas no estado de Goiás-GO" do CNPq nº 477869/2012-2, vigência 2012-2015.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

CHANDER, G., MARKHAM, B. L. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures, and post-calibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, EUA, v. 41, p. 2674-2677, nov. 2003. Disponível em: <http://www.unicen.edu.ar/crecic/docs/lecs/calibrado_l5bis.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.

EIBHSG - **Estudo integrado de bacias hidrográficas do Sudoeste Goiano**, Goiânia, 2005. CD-ROM.

FERREIRA, A. G. Fundamentos de sensoriamento remoto. In:_____. **Meteorologia prática**. São Paulo, SP: Oficina de texto, 2006. p. 15-32.

GUSSO, A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, G. A. Mapeamento da temperatura da superfície terrestre com uso do sensor AVHRR/NOAA. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 42, n. 2, p. 231-237, fev. 2007. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/7559/4478>. Acesso em: 29 jun. 2013.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C., SOBRINHO, J. A. A generalized single channel method for etrieving land surface temperature from remote sensing data. **JournalofGeophysicalResearch**, Espanha, v.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

108. n. 22, p. 2-9. 2003. Disponível em: <http://www.uv.es/~ucg/articulos/2005/Publications_2003_13.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2013.

LANDSAT 5: imagem de satélite. São José dos Campos: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. 2 fotografia aérea. Escala 1:250.000. Canais 3, 4, 5 ,6 e composição colorida 3, 4 e 5.

LUCENA, A. J**. A ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2012. 357f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFRJ/COPPE, 2012. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/index.php/teses-de-doutorado/156-2012/3150-andrews-jose-de-lucena#download>. Acesso em: 27 nov. 2012.

MARTINS, A. P.; MACHADO, L. M. Análise da relação entre temperatura de superfície, uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Córrego Jataí (Jataí/GO) por meio de imagens Landsat 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9., 2010, Fortaleza. **Anais**...Fortaleza:UFF, 2010, p. 1- 9.

MEDEIROS, A. de L**. Relação clima e vegetação na área das bacias das usinas hidrelétricas de barra dos Coqueiros e Caçu-GO**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFG, Jataí, 2013.

NOVELIS. **RIA/RIMA UHEs Caçu e Barra dos Coqueiros**. 2005. 230p.

NOVO, E. M. L. de M. Princípios físicos. In: _____. **Sensoriamento remoto:** princípios e aplicações. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. p. 11-49.

PAULA, M. R., CABRAL, J. B. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros – GO. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., CONPEEX, 6, 2011, Goiânia-GO. **Anais**... Goiânia:UFG. Goiânia-GO, 2011. p. 1-16.

PEREIRA, A. R; et al. A atmosfera terrestre. In:_____. (Org.) **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações Práticas. Guaíba, RS: Livraria e editora Agropecuária, 2002. p.41-52. PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. dos S. **Mudanças climáticas**: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. p. 14-38. Disponível em: <http://www2.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratuita/documentos/Documentos70.pdf/view>. Acesso em: 12 fev. 2014.

QIN, Z., KARNIELI, A., BERLINER, P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region, **International Journal of Remote Sensing**, Israel, v. 22, n. 18, p. 3719-3746.2011. Disponível em: <http://www.bgu.ac.il/bidr/research/phys/remote/Papers/2001-Qin_Mono_Window_IJRS_01.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2013.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 3. ed. Uberlândia, MG: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

ROCHA, H. M. **Análise temporal-espacial das águas dos afluentes e reservatório da UHE Barra dos Coqueiros em Goiás**. 2012. 147f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFG, Jataí, 2012.

STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. 2003. 201 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – UNB/Instituto de Ecologia, Brasília, 2004.

SOUZA, J.D., SILVA, B.B. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: Landsat 5, **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 349-358, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbg/v23n4/a02v23n4.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2013.

SOUSA, S. B. de; FERREIRA JUNIOR, L. G. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO), **Raega**, Goiânia, v. 26, p. 75-99, set. 2012. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/article/viewArticle/30151>. Acesso em: 7 maio de 2012.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

ZULLO JUNIOR, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações.** Campinas. 1994. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica, UNICAMP, Campinas, 1994.

Texto submetido à RBClima em 01/08/2015