

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE CARLINDA - MATO GROSSO

Multimediaal analysis of the surface temperature of the municipality of Carlinda - Mato Grosso

Charles Caioni*
Sandra Mara Alves da Silva Neves**
Santino Seabra Junior***
Ronaldo José Neves****

***Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT / Nova Xavantina**
charlescaioni@hotmail.com

****Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT / Cáceres, MT**
ssneves@unemat.br

*****Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT / Nova Mutum, MT**
santinoseabra@hotmail.com

******Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT / Cáceres, MT**
rjneves@unemat.br

RESUMO

O bioma Amazônia por meio do processo de interação solo, planta e atmosfera desempenha importante papel na regulação do clima, contudo os diferentes usos antrópicos vêm ocasionando significativas alterações no balanço do fluxo energético superficial, que podem implicar em fortes mudanças de temperatura e umidade do solo. O presente estudo objetivou realizar a análise multitemporal da temperatura superficial do município de Carlinda/Mato Grosso, bem como, verificar sua relação com os índices de uso da terra e de vegetação por Diferença Normalizada. Para a elaboração dos mapas temáticos utilizou-se três imagens do satélite Landsat 5 (08/08/1994, 28/06/2004 e 13/06/2010), todas referentes a órbita/ponto 227/67. As imagens foram georreferenciadas, recortadas, segmentadas e classificadas no software SPRING 4.3. Os layouts e as quantificações foram feitas no software Arcgis 9.2. Os índices de vegetação por Diferença Normalizada foram obtidos a partir das bandas 3 e 4, do sensor TM, referentes as faixas do infravermelho médio e do infravermelho próximo, respectivamente. Para a obtenção dos níveis térmicos realizou-se a conversão na banda 6 dos números digitais em temperatura. Os resultados indicaram relações entre os valores de índices de vegetação por Diferença Normalizada, uso da terra e temperatura superficial, verificando as menores temperaturas para os ambientes hídricos e florestais e as maiores para as áreas de pastagem degradada, urbana e de solo exposto. Constatou-se ainda aumentos dos níveis térmicos superficiais, que podem vir a causar fortes reduções de disponibilidade hídrica ao município. Concluiu-se que o aumento do uso antrópico e a redução do vigor da vegetação, que implica no decréscimo dos valores dos índices de vegetação, têm sido as principais causas da elevação dos níveis térmicos superficiais, necessitando da tomada de medidas mitigadoras de controle para reversão deste cenário.

Palavras-chave: Bioma Amazônico. Uso antrópico. Mudanças climáticas. Disponibilidade hídrica.

ABSTRACT

The Amazon biome through its soil interaction process, plant and atmosphere plays a strong role in climate regulation, however the different anthropogenic uses are causing significant changes in the balance sheet of the surface energy flow, which can result in strong changes in temperature and soil moisture. This study aimed to carry out the multitemporal analysis of the surface temperature in the city of Carlinda/Mato Grosso, as well as verifying their relationship to the use

of Indices of Land and vegetation Normalized Difference. In developing the thematic maps we used three images of Landsat 5 (08/08/1994, 28/06/2004 and 13/06/2010), all relating to orbit/point 227/67. The images were georeferenced, cut, segmented and classified in SPRING 4.3 software. The layouts and measurements were made in ArcGIS 9.2 software. Vegetation indices Normalized Difference were obtained from the bands 3 and 4, the TM sensor, referring to the mid-infrared and near infrared bands, respectively. To obtain the thermal level conversion is performed in the band 6 of digital numbers in temperature. The results indicated relationships between the values of vegetation indices and soil temperature, finding the lowest temperatures for water and forest environments and the largest in the areas of degraded pasture, urban and exposed soil. It was further developed in surface thermal levels that may cause severe reductions in water availability to the municipality. It was concluded that the increase in anthropic use and reducing the force of vegetation, which implies the decrease of the values of vegetation indices, have been the main causes of the rise in surface thermal levels, requiring the taking of mitigation measures to control this reversal scenario.

Keywords: Amazonian biome. Anthropic use. Climate change. Water availability.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Amazônico, sendo considerado um dos maiores sistemas ecológicos do planeta, desempenha através de seus processos de interação solo, planta e atmosfera, importante papel na regulação do clima regional e global. Contudo, em algumas regiões da Amazônia a redução dos índices vegetacionais, impulsionados pelas diferentes formas de uso da terra, têm levado a fortes mudanças no balanço do fluxo energético superficial, que segundo Gomes et al. (2013) é responsável pela caracterização das trocas energéticas que determinam os regimes térmicos, do solo, da vegetação e do ar.

De acordo com Pereira et al. (2012) estas alterações na cobertura da terra têm implicado em novas buscas pelo equilíbrio da distribuição dos componentes do balanço de radiação, levando ao aumento dos níveis de temperatura superficial dos diferentes elementos da paisagem. Latifovic e Pouliot (2007) alertam para estes aumentos, visto que podem acarretar em fortes alterações nos ciclos hidrológicos em decorrência de sua interferência nos processos de evaporação e evapotranspiração. Alcântara et al. (2011) ratificam ao afirmarem que os corpos d'água em resposta às entradas de energia, emitem à atmosfera umidade por meio do processo de fluxo de calor latente.

Mediante ao exposto, torna-se imprescindível para a execução de planejamentos ambientais o conhecimento dos índices Térmicos Superficiais (TS) e de vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Entretanto, de acordo Oliveira et al. (2012) mensurações em escala regional, por meio de instrumentos convencionais, podem levar a necessidade de elevados esforços, necessitando assim de formas mais ágeis e eficientes para obtenção desse tipo de informação. Para tanto, o uso do sensoriamento remoto configura-se uma importante ferramenta de análise, permitindo em curto espaço de tempo a obtenção de vastas redes de dados. Pois, o sensoriamento remoto, por meio dos satélites e seus sensores, possibilita a obtenção de informações de um objeto ou fenômeno na superfície da terra sem a necessidade de contato físico com o mesmo (NOVO, 1989; ROCHA, 2002; MOREIRA, 2003; ROSA, 2005). Segundo Steinke et al. (2010) existem inúmeros modelos que permitem a extração da temperatura da superfície terrestre a partir de imagens originadas de satélites, no caso do LANDSAT o intervalo de 8,0 a 14,0 μm refere-se à faixa termal do espectro eletromagnético mais indicada para esse tipo de estudo.

Na Amazônia mato-grossense encontra-se o município de Carlinda, que com valores elevados de perda de vegetação nativa, sobretudo a partir de sua emancipação em 1994, tem na atualidade como uma de suas principais bases econômica a agricultura familiar, esta que é altamente dependente de recursos hídricos e fortemente influenciada pelas condições climáticas. O presente estudo objetivou realizar a análise multitemporal da temperatura superficial do município Carlinda/Mato Grosso, bem como, verificar sua relação com os índices de uso e ocupação da terra e de vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

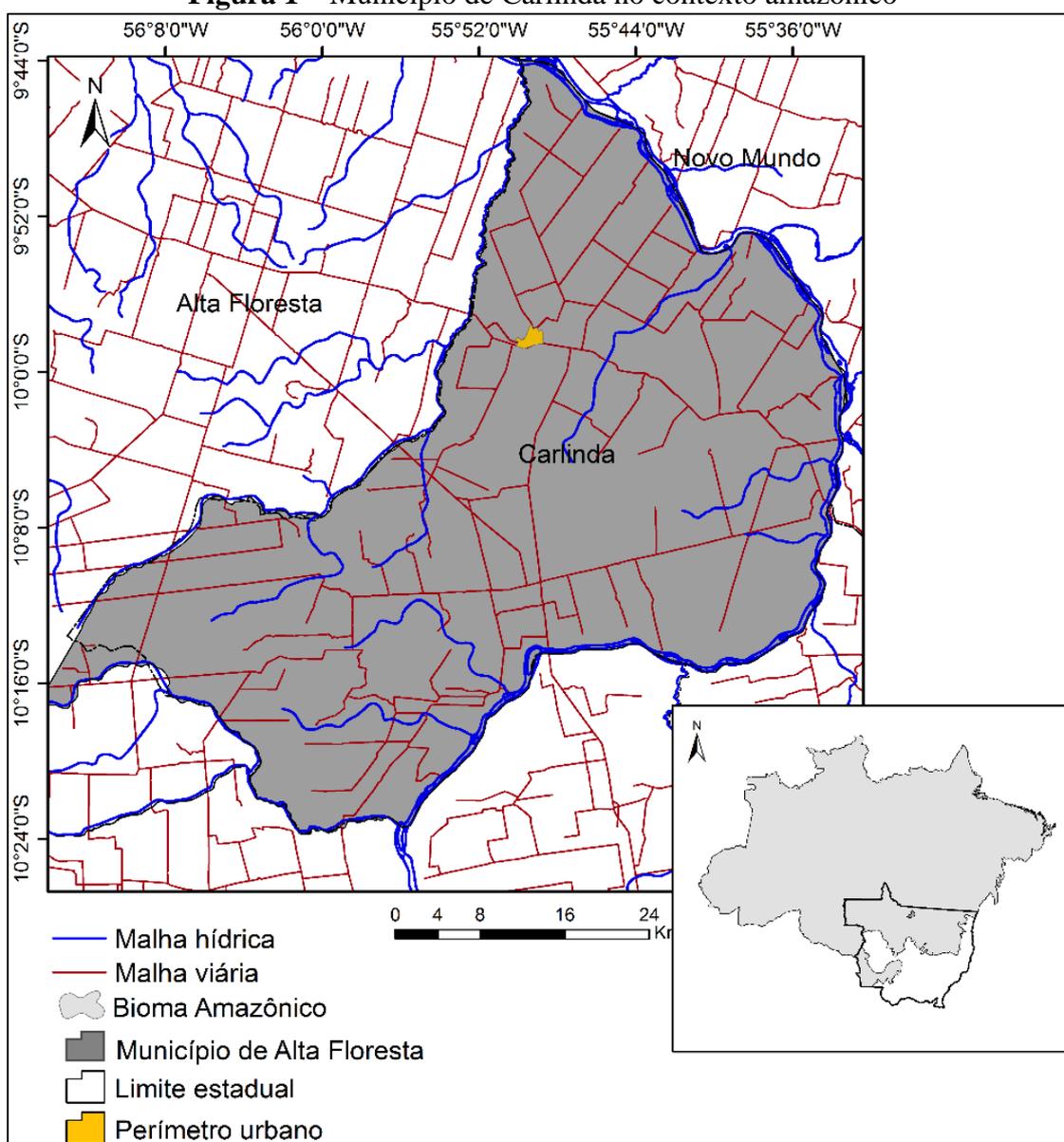
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Carlinda, situado ao extremo Norte de Mato Grosso entre as coordenadas geográficas de 9°00'03'' a 11°00'02'' de latitude S e 55°30'01'' a 57°00'12'' de longitude W, possui uma área de 2.393,024 km² (IBGE, 2013), com sede distante 750 quilômetros da capital, Cuiabá (Figura 1).

Sua população totaliza 10.626 habitantes, sendo 6.415 residentes da zona rural e 4.575 na urbana (IBGE, 2013). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M) do município é de 0,665, abaixo do IDH do Estado, que é de 0,725 e do Brasil que é de 0,730 (PNUD, 2013). Conforme a classificação de Koppen (1948), o clima da região é Tropical chuvoso, com nítida estação seca (dezembro a março) e chuvosa (junho a setembro). Alcançando índices pluviométricos de até 2.500mm, sua temperatura anual é de aproximadamente 26°C, com máximas e mínimas de 38°C e 20°C, respectivamente.

Figura 1 – Município de Carlinda no contexto amazônico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

A vegetação original do município é constituída basicamente por Floresta Ombrófila, típica da transição para a Floresta Amazônica, com ocorrência de castanheiras e outras espécies deste bioma (MATO GROSSO, 2002).

Sua hidrografia é representada pelos rios Teles Pires e Juruena, com inúmeros tributários de natureza temporária ou permanente, ocasionando, por sua vez, inundações próximas aos seus leitos no período de maior intensidade pluviométrica (BENETT et al., 2002). O município apresenta um solo caracterizado como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (LVAd) (SANTOS et al., 2006).

O relevo faz parte do Planalto Apicás-Sucurundi e da depressão Interplanáltica Amazônica Meridional apresentando várias serras em forma de cristas geomorfológicas, que servem como divisores de água, posicionando-se entre 200 e 300 m de altitude (FARID et al., 1992).

2.2 Procedimentos metodológicos

Foi criado um Banco de Dados Geográfico (BDG) no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 4.3, do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), com as seguintes informações cartográficas:

- projeção e datum: Lat-Long/WGS 84;
- retângulo envolvente estabelecido em coordenadas Geográficas: Long 1 (60° 00' 00") e Long 2 (54° 00' 00") e Lat 1 (12° 00' 00") e Lat 2 (7° 00' 00").

Utilizou-se para a confecção dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal, Temperatura Superficial (TS) e NDVI, três imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, datadas de 08/08/1994, 28/06/2004 e 13/06/2010, referentes a órbita/ponto 227/67. Estas foram obtidas gratuitamente no sítio do INPE, no formato "tif".

Estas datas foram selecionadas por não apresentarem cobertura de nuvens, competindo assim condições de proximidade entre seus valores de umidade e vegetação.

As bandas 3, 4, 5 e 6 foram convertidas para o formato "Grib" no módulo IMPIMA 4.3 e posteriormente no software SPRING, versão 4.3 onde passaram pelo registro (georreferenciamento) no modo tela-a-tela, para qual utilizou-se como referência a imagem ortorretificada GeoCover, disponibilizada no sítio da National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Para elaboração dos mapas temais selecionou-se a banda 6 referente a faixa termal do espectro eletromagnético; as bandas 4 e 5 para a geração dos mapas de NDVI; e as 3, 4 e 5 para a cobertura vegetal e uso da terra.

Com o objetivo de continuidade dos trabalhos de geração de representações cartográficas de uso e cobertura da terra aplicou-se nas bandas os procedimentos de recorte, segmentação e classificação no SPRING. Na segmentação foi aplicado o método de crescimento de regiões (Battacharrya) para agrupar os "pixels" adjacentes e semelhantes, gerando regiões homogêneas, com valores de limiares de similaridade 10 e área 10. O limiar de similaridade é a distância euclidiana máxima entre os centros espectrais de duas regiões e o limiar de área é o tamanho mínimo em pixel de uma região que se pretende delimitar (KAWAKUBO et al., 2004).

As classes temáticas definidas para a classificação foram:

- Área urbana: nesta classe considerou-se a mancha urbana do município de Carlinda;
- Floresta Ombrófila Aberta Submontana: este domínio é caracterizado pela disposição espaçada das árvores, o que permite a passagem da luz favorecendo o desenvolvimento de cipós, trepadeiras, palmeiras e bambus;
- Floresta Ombrófila Aberta secundária: foram consideradas todas as formas de formações florestais em processo de regeneração ou que já tenham sofrido algum tipo de antropização;
- Pastagem plantada: compreende as formações com extrato em que predomina a presença de espécies forrageiras, desprovidas ou não de indivíduos arbóreos em baixa densidade;
- Solo exposto: considerou-se áreas com solos desprovido de qualquer tipo de cobertura vegetal;

- Massa de água: referiu-se às áreas ocupadas com água livre de vegetação (Rios, represas e lagos naturais ou artificiais).

As terminologias e as descrições consideradas no mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foram adaptadas a partir da classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical do Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982).

O arquivo vetorial da classificação foi exportado no formato Shapefile (shp.) para edição e quantificação no software ArcGis, versão 9.2 (ESRI, 2007). Os erros de rotulação de classes foram corrigidos por meio da edição de polígonos, quando havia discordância entre os resultados da classificação e as informações obtidas nos trabalhos de campo e no mapeamento realizado pelo projeto Radambrasil (BRASIL, 1982). Pois, nem sempre é possível durante uma classificação para mapeamento de uso da terra abranger toda a complexidade do alvo de estudo, onde o trabalho de campo se faz fundamental.

No sentido de averiguar os valores de NDVI executou-se no software ArcGis 9.2 o modelo matemático proposto por Rouse et al. (1974), cujo índice de vegetação por Diferença Normalizada é obtido através da refletância dos pixels contidas nas bandas 4 e 3 geradas pelo sensor TM, que correspondem respectivamente ao infravermelho próximo e do infravermelho médio (Formula 1).

$$NDVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3} \quad (1)$$

Onde:

$B4$ é a reflectância no infravermelho próximo; $B3$ é a reflectância no vermelho.

Para obter os níveis de temperatura superficial aplicou-se na banda 6 o processo de classificação não supervisionada utilizando o processo de “segmentação” (agrupamento de pixels) no SRPING, considerando a área de 2 pixel e similaridade de 2. A partir do arquivo gerado extraíram-se os atributos de cada polígono, identificando e gerando classes aleatórias de acordo com a tonalidade dos pixels da imagem. Em virtude de o cálculo de temperatura ser feito a partir dos níveis de cinza da imagem não se realizou o contraste da banda 6, a fim de se evitar possíveis alterações nos resultados.

A partir da ferramenta leitura de pixels do SPRING foi identificado os níveis de cinza de cada região gerada na segmentação. Para a conversão dos valores de cinza dos pixels da banda termal em índices de temperatura superficial aplicou-se o modelo de regressão quadrática proposto por Malaret et al. (1985), apresentado na fórmula 2, cuja escolha se deu em virtude de não demandar grande quantidade de parâmetros de campo (IDEIÃO et al., 2008).

$$T = 209,831 + 0,834 DN - 0,00133 DN^2 \quad (2)$$

Sendo:

T = temperatura aparente (Kelvin) e DN = número digital de cada pixel.

A partir da obtenção dos dados em Kelvin foi possível a conversão dos mesmos em graus Celsius por meio da fórmula 3.

$$Tc = Tk - 273,15 \quad (3)$$

Onde:

Tc = Temperatura em Celsius e Tk = Temperatura em Kelvin.

Por meio dos índices térmicos definiu-se cinco classes de temperatura, havendo associação de pseudo cores para estabelecimento da legenda do mapa, com o intuito de facilitar a leitura do

produto cartográfico. A criação dos layouts dos mapas foi realizada no programa ArcGis, versão 9.2 (ESRI, 2007). A quantificação das classes mapeadas, geradas no ArcGis, foi exportada na extensão xls, e no programa *Excel do Office da Microsoft* foram geradas as estatísticas descritivas e os gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Constatou-se forte dinâmica no uso da terra, na temperatura superficial e no NDVI. Para a análise temporal da cobertura vegetal e do uso da terra evidenciou a predominância de seis distintas classes: Área urbana, Floresta Ombrófila Aberta Submontana, Floresta Ombrófila Aberta Secundária, Massa de água, Pastagem plantada e Solo exposto (Tabela 1).

Tabela 1 – Uso da Terra e cobertura vegetal de Carlinda nos anos de 1994, 2004 e 2010

Categorias	Classes	Área (km ²)					
		1994	%	2004	%	2010	%
Cobertura vegetal	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	1539,62	64,34	970,7	40,56	777,89	32,51
	Floresta Ombrófila Aberta Secundária	195,13	8,15	99,71	4,17	94,07	3,93
	Área urbana	0,74	0,03	6,11	0,25	7,08	0,30
Uso da Terra	Pastagem plantada	605,17	25,29	1256,55	52,51	1453,31	60,73
	Solo Exposto	6,77	0,28	12,14	0,51	20,23	0,84
Massa de água	Massa de água	45,59	1,91	47,81	2,00	40,44	1,69
TOTAL		2393,02	100	2393,02	100	2393,02	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

No que tange a Floresta Ombrófila Aberta Submontada esta veio a apresentar de 1994 a 2010 uma redução 31,83% (Tabela 1 e Figura 2), em virtude possivelmente do avanço dos processos de colonização e emancipação do município, aprovado pela lei estadual n° 6594 de 1994 (IBGE, 2014). Além da constante abertura de novas áreas para a implantação da agropecuária e infraestrutura de moradia. Farid et al. (1992) afirmaram que o desmatamento na região Amazônica é um fato histórico, atribuído ao modelo tradicional de ocupação, que é ligado às políticas de desenvolvimento na região, observado através da especulação de terra, principalmente as que estão situadas ao longo das estradas, crescimento das cidades, aumento da pecuária bovina, exploração madeireira e agricultura familiar.

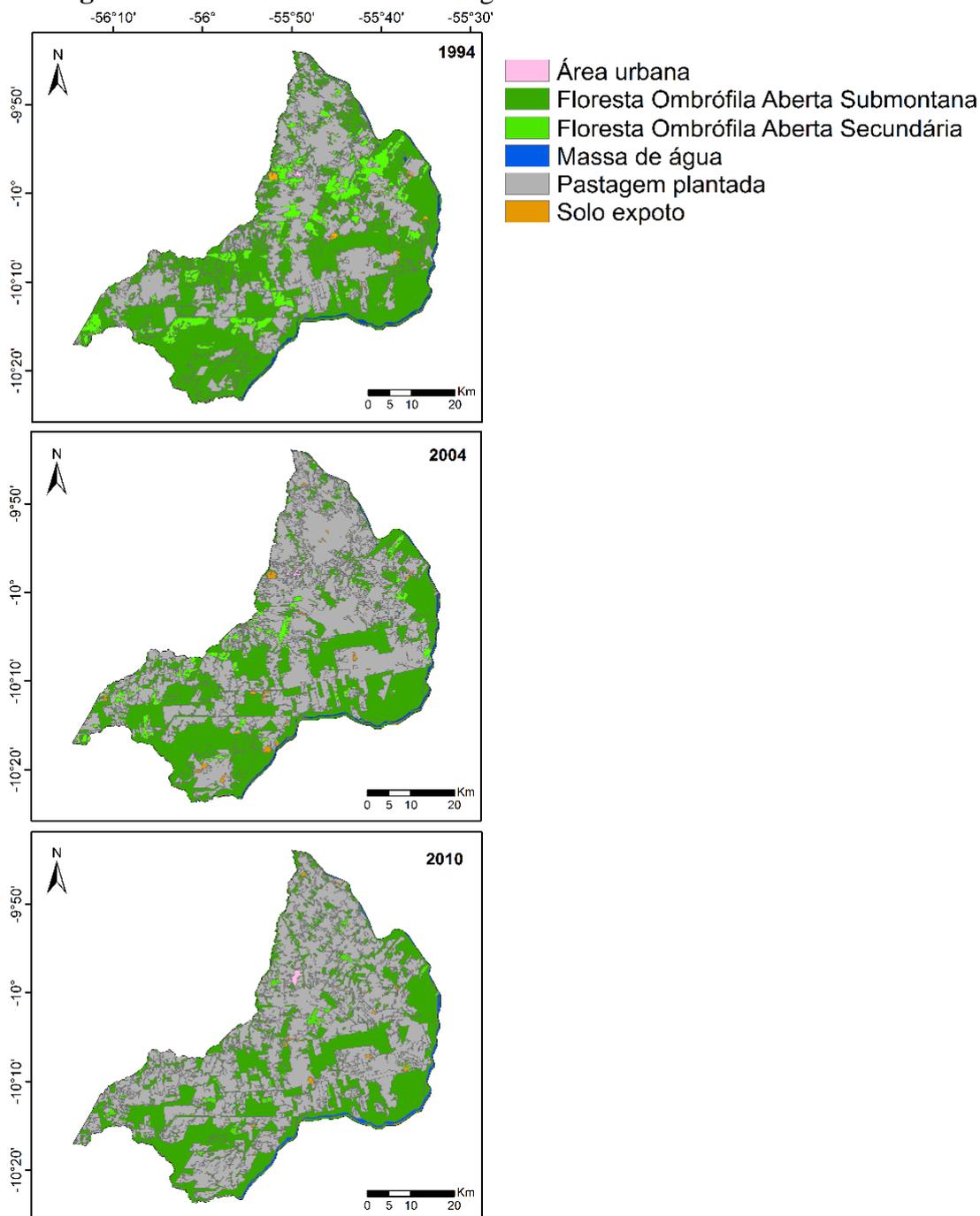
Nessa classe a maior intensidade de supressão ocorreu em locais próximos as estradas e rodovias, o que segundo Lopes (2008) está diretamente relacionado à facilidade de acesso. De acordo com Fearnside (2003) é preciso haver uma maior preocupação com estes eventos, visto que a perda da floresta afeta diretamente no processo de reciclagem da água, ocasionando assim significativas reduções dos índices pluviométricos.

Para a classe de Floresta Ombrófila Aberta Secundária identificou-se entre 1994 a 2010 um decréscimo desta de 4,92% que pode estar associado ao aumento da pecuária extensiva, que ocasiona a retirada das florestas primárias e secundárias para a implantação de pastagem. De acordo com Nepstad et al. (2004), florestas secundárias são mais propícias aos incêndios florestais devido ao seu baixo teor de umidade. Fearnside (2005) afirmou que as espécies Amazônicas não são adaptadas ao fogo e que a mortalidade a partir de uma primeira queimada fornece o combustível e a aridez necessária para o surgimento de queimadas subsequentes. Ferreira et al. (2013) expôs que o uso do fogo durante o processo de substituição da cobertura vegetal nativa por pastagem plantada leva a morte de muitas árvores centenárias, o que conseqüentemente destrói o habitat de inúmeras espécies vegetais e animais.

Apresentando um crescimento de 27% entre 1994 a 2010 constatou-se para a classe Área Urbana que as áreas de pastagens e solos desnudos próximos ao perímetro urbano veem sendo

fortemente urbanizadas. O processo de expansão da área urbana é contínuo, uma vez que o total populacional tende a aumentar em virtude do desenvolvimento regional que na atualidade está sendo impulsionado pela instalação de uma usina hidrelétrica. De acordo com Camarano e Abramovay (1998) estes aumentos podem estar relacionados ao processo de êxodo rural que leva a migração das populações rurais para os centros urbanos, além da atração de pessoas em busca de oportunidades de emprego.

Figura 2 – Dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra em Carlinda/MT



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

A classe pastagem plantada apresentou ao longo dos anos um aumento percentual de 35,44% revelando ser o principal fator de antropização do município. De acordo com Bonjour et al. (2008) este resultado está provavelmente relacionado a principal atividade econômica da região, que é a

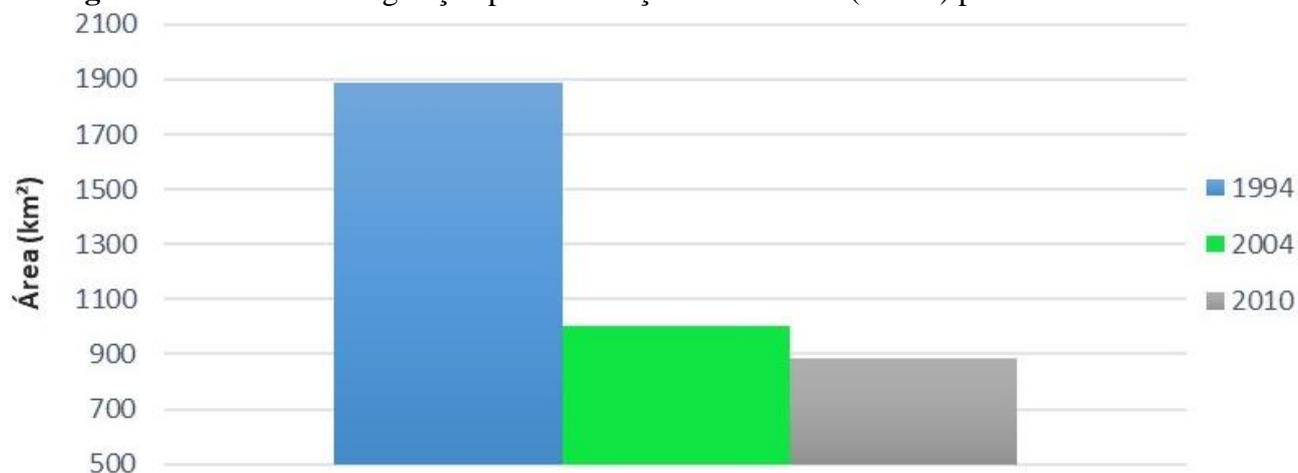
Pecuária Extensiva, que têm como característica a necessidade de grandes extensões de terra para a criação de gado bovino.

Relativo a classe Solo Exposto, pode-se identificar um moderado aumento (0,56%) que ocorreu em sua maioria em locais ocupados pelas pastagens degradadas, evidenciando forte relação desses ambientes com os espaços cujos manejos do solo foram feitos de forma inadequadas.

A Massa de água apresentou redução em sua representação de 0,023% no período de estudo (1994-2010), correspondendo a uma área de 55,04 Km². Boin (2005) atribuiu este resultado a perda de áreas florestais que promovem a proteção desses ambientes. Mediante a inestimável importância deste componente natural, este cenário torna-se alarmante, visto que coloca em risco não somente o desenvolvimento econômico do município, mas também as diferentes formas de vida existentes

A análise temporal dos índices de vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) ratificaram as reduções nos índices de até 41,9% das áreas vegetadas, evidenciando o crescente aumento das ações antropogênicas no município (Figura 3).

Figura 3 – Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para os anos estudados



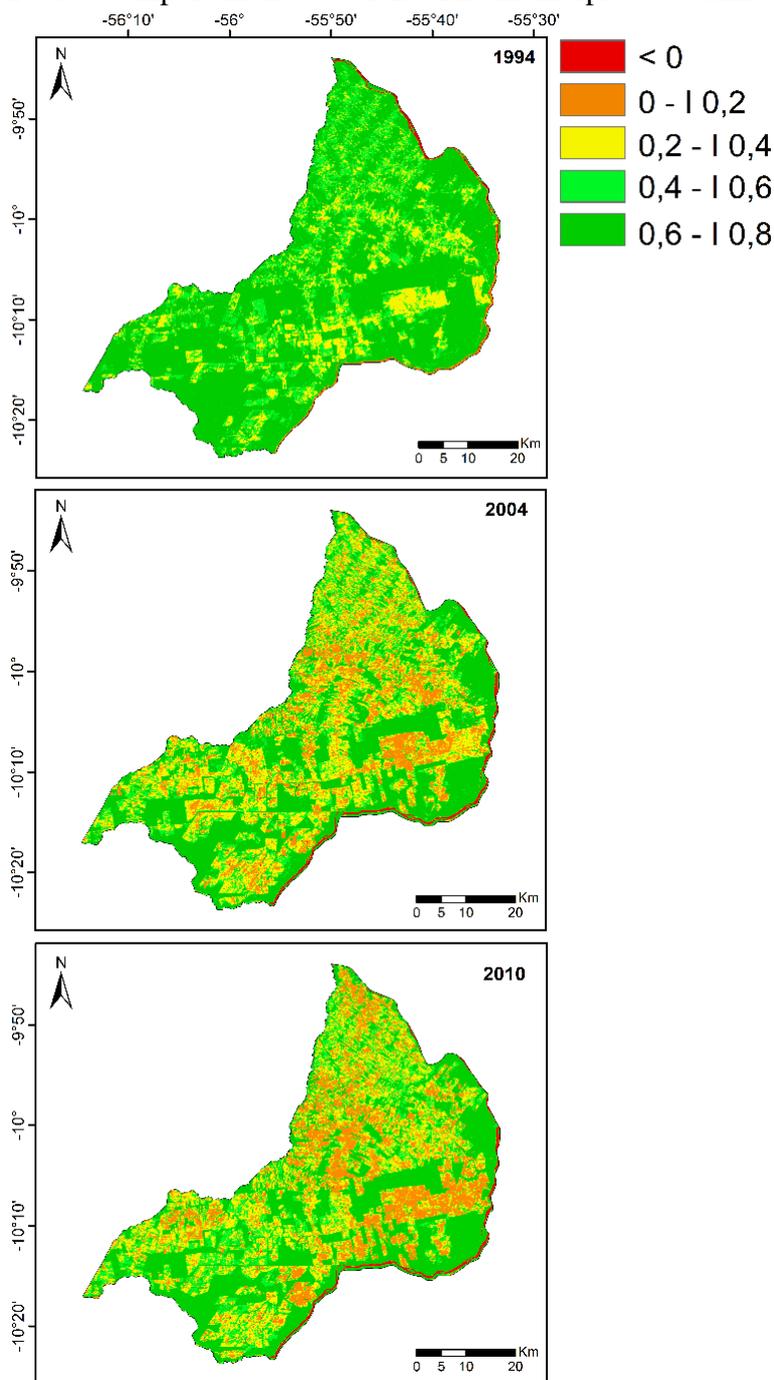
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Pode-se identificar para o ano de 1994 uma forte predominância da classe de 0,6 – 0,8. Situação que pode ser decorrente da forte presença de áreas de Florestas nativas que através da sua alta presença de clorofila permitem expressar elevados valores de NDVI. Assim como constatado por Messias (2012), verificou-se ainda que embora as imagens de NDVI tenham se apresentado eficientes na distinção das classes de solo exposto e cobertura vegetal, não possibilitaram proporcionar acurada distinção entre os diferentes tipos de vegetação encontrados.

Constatou-se em 2004 um elevado aumento da classe 0,2 - 0,4 (Figura 4), sendo que durante o ano em questão evidenciou-se ainda fortes relações entre a classe de 0 - 0,2 e as regiões de pastagem seca, área urbana e solos expostos. Estes resultados corroboram com os de Correa et al. (2011) que identificaram no município de Belterra/PA, valores de NDVI para locais de solo exposto entre 0,1 a 0,3.

Pode-se observar na imagem de NDVI referente ao ano de 2010 uma expressiva representatividade da classe de 0 a 0,2, decorrente, possivelmente, da redução das áreas florestais e do aumento das regiões de solos expostos e pastagem seca. Evidenciaram-se ainda fortes relações entre a classe < 0 e as áreas de maior ação antrópica.

As áreas próximas à classe Massa de água vieram a apresentar os maiores valores de NDVI. Este resultado está possivelmente relacionado à Lei Complementar nº 412 (MATO GROSSO, 2010), que vigente no estado de Mato Grosso, delimita a proteção integral de 50 metros no entorno das nascentes e 30 metros ao longo das margens dos cursos hídricos.

Figura 4 – Comportamento dos NDVI no município de Carlinda/MT

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

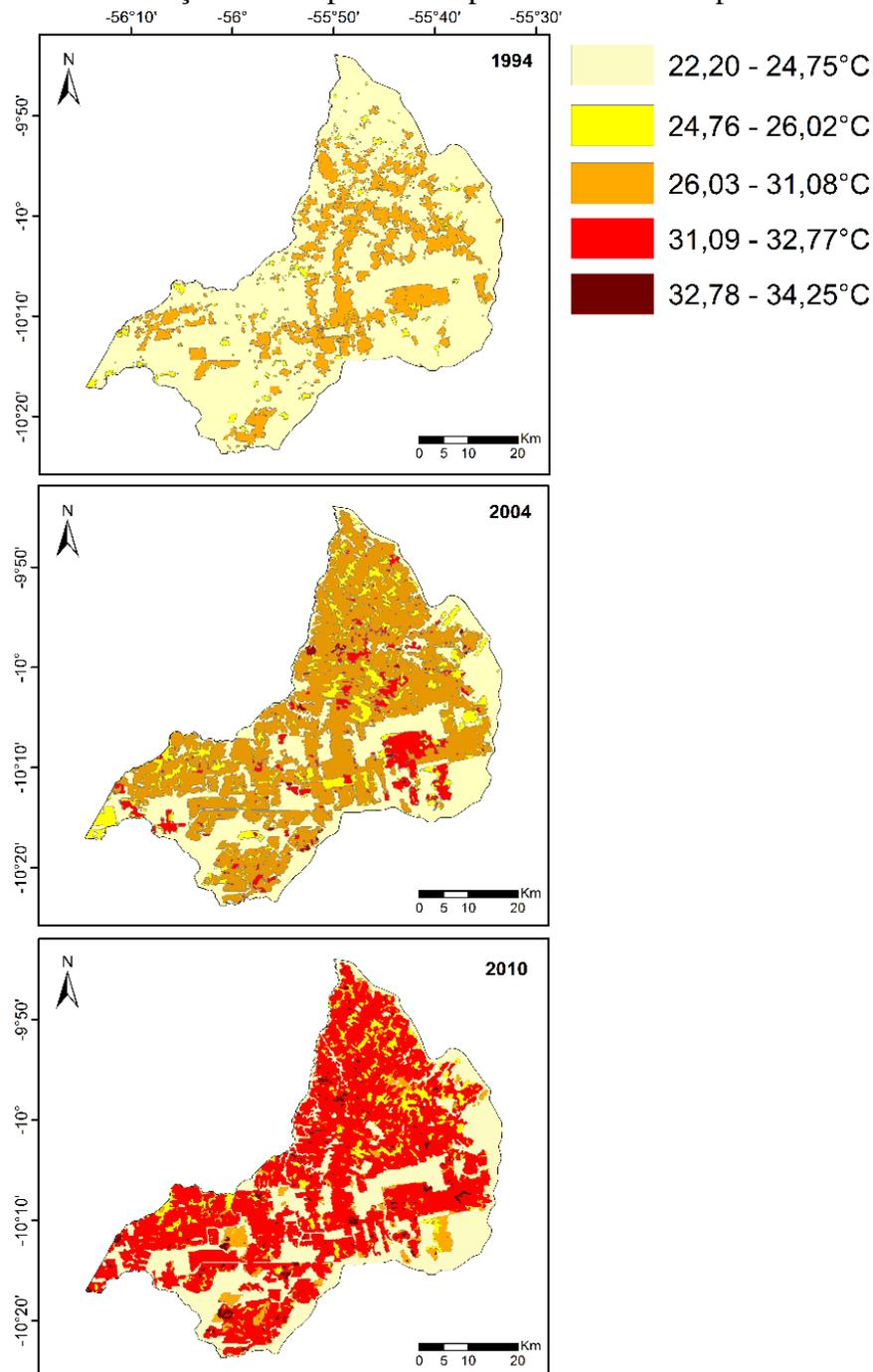
Relativo à temperatura superficial registrou-se oscilações de até 12,05°C, evidenciando relações entre os diferentes níveis termais e de antropização (Tabela 2). Esse resultado corrobora com o obtido por Caioni et al. (2014) no município de Alta Floresta/MT em que foram registradas diferenças térmicas de até 15,32°C.

Contudo, mais preocupante do que as diferenças encontradas foi a evolução das proporções (em porcentagem de ocorrência) de cada classe no decorrer dos anos, onde verificou-se elevados recuos dos índices inferiores a 26,02°C e crescentes aumentos dos valores acima de 31,08°C (Figura 5).

Tabela 2 – Temperatura superficial para os períodos de 1994, 2004 e 2010

Classes	Área (Km ²)					
	1994	%	2004	%	2010	%
22,20 – 24,75°C	1799,48	75,19	782,64	32,7	777,94	32,51
24,76 – 26,02°C	73,63	3,08	262,44	10,97	147,01	6,14
26,03 – 31,08°C	519,91	21,73	1178,94	49,27	117,98	4,93
31,09 – 32,77°C	-	-	151,05	6,31	1310,1	54,75
31,78 – 34,25°C	-	-	17,95	0,75	39,99	1,67
TOTAL	2393,02	100	2393,02	100	2393,02	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 5 – Distribuição da Temperatura superficial no Município de Carlinda/MT

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Há possibilidade de ocorrência de valores superiores aos identificados, visto que a imagem referente ao ano de 2010 é pertinente ao mês de junho, que conforme a normal climatológica do município, apresenta tendências a índices pluviométricos superiores ao mês de agosto (1994).

Ao avaliar a classe de temperatura de 22,20°C a 24,75°C observou-se um decréscimo representativo de 42,69%, correspondendo assim à classe térmica de maior redução ao longo dos anos. De acordo com Correa (2013) e Barbosa e Vecchia (2009), tal mudança está relacionada à redução dos índices vegetacionais no município, uma vez que estes desempenham, através de seu processo de evapotranspiração, a redução do calor sensível e o aumento do calor latente.

Costa et al. (2010) afirmaram ainda que as folhas e ramos presentes na vegetação reduzem a quantidade de radiação solar que chega à superfície, promovendo assim o sombreamento do solo e conseqüentemente a redução da temperatura superficial. Santos (2011) ratificou ao expor que grande parte da radiação que atinge a copa das árvores são convertidas em energia química pela fotossíntese e outra fração é refletida de volta para a atmosfera.

Com o aumento de 3,06% a classe de temperatura de 24,76°C a 26,02°C caracterizou-se como área de transição entre baixas e altas temperaturas, o que de acordo com Rodrigues e Borges (2012), deve-se ao fato destas regiões serem formadas a partir do processo de difusão térmica, que promove o movimento de energia de ambientes mais quentes para mais frios.

Os cursos hídricos e remanescentes florestais secundários foram os atributos que sobressaíram neste intervalo térmico, que segundo Azevedo e Souza (2013), foi devido estes apresentarem a característica de absorver grande quantidade de radiação solar. Rodrigues et al. (2009) encontraram para áreas de superfície hídrica, florestal e de solos desnudos albedos valores próximos a 10%, 15% e 29%, respectivamente.

O intervalo térmico de 26,03 a 31,08°C veio a apresentar forte dinâmica ao longo dos anos, vindo a exibir maiores e menos representações nos em 2004 e 2010 respectivamente. A redução desta classe foi possivelmente decorrente do aumento da temperatura nos ambientes em que antes compunham a classe. De acordo com Gomes et al. (2013) o fluxo de calor latente é o que apresenta maiores impactos frente a estas mudanças, uma vez que as áreas úmidas e produtoras de umidade são fortemente reduzidas.

Com um aumento percentual de 54,75% a classe de 31,09 a 32,77°C revelou ser a maior expressividade e crescimento ao longo dos anos. Conforme Primavesi et al. (2007) uma possível resposta está no processo de secagem da pastagem, que veem a reter menor quantidade de água e a promover maiores índices térmicos decorrentes da baixa evapotranspiração. Para tanto, percebe-se a importância da criação de sistemas silvipastoris, considerando que estes proporcionam ganhos não somente do ponto de vista de qualidade do solo, mas também climático, ao manterem maior presença de umidade e, conseqüentemente, menores índices térmicos.

Verificando um aumento de 1,67% para a classe de maior amplitude térmica (31,78 a 34,25°C), pode-se identificar relações entre está e as áreas de solos expostos. Essas proximidades tornam-se ainda mais evidentes devido a inexistência da classe em 1994 e aos baixos valores de solos expostos no respectivo período. O que evidencia uma situação preocupante do ponto de vista de manutenção dos lençóis freáticos, uma vez que estes podem vir a sofrerem significativos rebaixamentos. Primavesi et al. (2007) acrescenta que as reduções são decorrentes da elevação da temperatura que podem causar uma maior intensidade dos processos de evaporação e evapotranspiração, levando assim ao surgimento de chuvas mais intensas, em que grande parte não são absorvidas pelos solos.

As áreas urbanas também compõem este intervalo térmico, que segundo Christen e Vogt (2004) apresentam características de serem tipicamente mais eficientes em armazenar energia nas regiões internas de sua infraestrutura, podendo assim absorver e armazenar duas vezes mais calor em relação a outros locais. Lombardo (1985) afirmou que a urbanização impõe modificações no clima local, alterando a temperatura da superfície, originando assim os microclimas urbanos.

4 CONCLUSÕES

Constatou-se um intrínseco vínculo entres os usos da terra, os índices de NDVI e a temperatura superficial no município de Carlinda. Identificou-se ainda fortes reduções da categoria cobertura vegetal e elevado aumento da categoria uso antrópico da terra. Os índices de NDVI exibiram expressiva redução ao longo do período estudado, possivelmente decorrente do aumento do uso antrópico da terra.

A temperatura superficial no município de Carlinda/MT apresentou elevado aumento ao longo dos anos estudados, sendo que os menores valores termais foram obtidos para os ambientes florestais e hídricos e os maiores para os locais de solos expostos, área urbana, e pastagens degradadas. Essa situação denota a necessidade de adoção de medidas mitigadoras, visto que a persistência deste cenário pode levar a fortes reduções hídricas e conseqüentemente o comprometimento das atividades econômicas no município e da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. H.; STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A.; NOVO, E. M. L. M.; SOUZA, A. F. Estimativa dos fluxos de calor sensível e latente na superfície da água do reservatório de Itumbiara (GO) por meio de dados MODIS/Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 5185-5192.

AZEVEDO, F. G.; SOUZA, N. M. Estimativa e análise da distribuição espacial da energia solar incidente para a região do Distrito Federal, In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 1861-1868.

BARBOSA, R. V.; VECCHIA, F. A. S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: Estudo de caso em São Carlos (SP). **Revista Minerva**, v. 6, n. 3, p. 273-278, 2009.

BENETT, C; ALMEIDA, M.; CASTILHO, M. W. V. Gestão dos recursos naturais: Sítio São Brás, Município de Carlinda–MT. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 2, n. 1, s/p., 2002.

BOIN, M. N. **Áreas de preservação permanente: uma visão prática**. 3 ed. São Paulo: Imprensa oficial, 2005. 861 p.

BONJOUR, S. C. M.; FIGUEIREDO, A. M. R.; MARTA, J. M. C. A pecuária de corte no estado de Mato Grosso. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco, 2008. p.1-21.

BRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Brasília: PNMA, 1982. 540p.

CAIONI, C.; CAIONI, S.; PARENTE, T. L.; SILVA, A. C. S.; CLAUDINO, W. V. Dinâmica da temperatura superficial no perímetro urbano de Alta Floresta/MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n.18, p.3853-3863, 2014.

CAMARANO, A. A; ABRAMOVAY, R. Êxodo rural, envelhecimento e masculinização no Brasil: panorama dos últimos cinquenta anos. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 15, n. 2, p. 45-65, 1998.

CHRISTEN, A.; VOGT, R. Energy and radiation balance of a Central European city. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 24, n. 11, p. 1395-1421, 2004.

CORREA, J. A. J.; ANDRADE, S. C. P.; PEREIRA, I. C. N. Uso de imagens *NDVI* para análise temporal da dinâmica da paisagem no município de Belterra - PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p.6540-6547.

CORREA, V. H. C.; **O Desenvolvimento e a expansão recente da produção agrícola no Centro-Oeste**. 2013. 282f. Tese (Doutorado em desenvolvimento econômico) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento econômico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2013.

COSTA, D. F. D.; SILVA, H. R.; PERES, L. D. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p.974-985, 2010.

ESRI. **ArcGIS Desktop: release 9.2**. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2007.

FARID, L. H.; MACHADO, J. E. B.; GONZAGA, M. P.; FILHO, S. R. P.; CAMPOS, A. E. F.; FERREIRA, N. S.; SILVA, G. D.; TOSAR, C. R. CAMARA, V.; HACON, S. S.; LIMA, D.; SILVA, V.; PEDROSO, L. R. M.; SILVA, E. C.; MENEZES, L. A. **Diagnóstico preliminar dos impactos ambientais gerados por garimpos de ouro em Alta Floresta/ MT: um estudo de caso**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, v.2, 1992. 190p.

FEARNSIDE, P. M. **A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais**. Manaus: Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003. 134 p.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

FERREIRA, A. L. J; SOUSA, G. G.; PASSOS, J. S.; BALDINI, L. M.; NETO, P. M. S. Análise da Evolução do Desmatamento no Município de Carlinda-MT nos Anos de 1980, 1990 e 2011. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMERICA LATINA, 14., 2013. Lima. **Anais eletrônicos...** Lima, 2013. Disponível em: <http://www.egal2013.pe/wp-content/uploads/2013/07/Tra_Arthur-Gilson-Joelson-Lucas-Pedro-.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.

GOMES, L. C. F.; SANTOS, C. A. C.; HERMES, A. A. Balanço de Energia à Superfície para a Cidade de Patos-PB Usando Técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 1, p. 015-028, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultado do Censo de 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=51&dados=26>>. Acessado em: 08 mar. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Confederação Nacional de municípios**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?codmun=510279>>. Acessado em: 05 ago. 2014.

IDEIÃO, S. M. A.; CUNHA, J. E. B. L; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. Determinação da temperatura de superfície no estado da Paraíba a partir de imagens Landsat 5-TM. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2, Recife. **Anais...** Recife. 2008.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; JUNIOR, P. A. C.; LUCHIARI, A. Caracterização atual do uso da terra e da cobertura vegetal na região da Terra Indígena Sangradouro/Volta Grande-Mato Grosso, Brasil. **Investigaciones Geográficas (Mx)**, n. 53, p. 27-38, 2004.

KOPPEN, W. **Climatologia con un estudio de los climas de Ia Tierra**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.

LATIFOVIC, R.; POULIOT, D. Analysis of climate change impacts on lake ice phenology in Canada using the historical satellite data record. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, n. 4, p. 492–507, 2007.

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no Município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não supervisionada. **Revista da Escola de Engenharia da UFF**, v. 10, n. 2, p. 126-132, 2008.

LOMBARDO, A. M. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MALARET, E.; BARTOLUCCI, L.A; LOZANO, D.F.; ANUTA, P. E.; MCGILLEM, C D. Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis. **Journals Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, n. 9, p. 1407-1416, 1985.

MATO GROSSO. **Lei Complementar nº 412, de 13 de dezembro de 2010**. Diário Oficial da União de 13 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://app1.sefaz.mt.gov.br/Sistema/legislacao/LeiComplEstadual.nsf/250a3b130089c1cc042572ed0051d0a1/f4313bb8e89efc33842577f90040f773?OpenDocument#_o9h2ki8239t610j25912ksl21a8g4t9p06goj4b108h2i0c9j4124a_>. Acesso em: 16 mar. 2014.

MATO GROSSO. **Mapa de Vegetação. Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico. 2002**. Ministério de Integração Nacional – PRODEAGRO, Disponível,em: <<http://www.seplan.mt.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

MESSIAS, C. G. Análise comparativa entre o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal utilizando imagens de média e alta resolução espacial. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1230 – 1243, 2012.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003. 307 p.

NEPSTAD, D.; LEFEBRE, P.; SILVA, U.L.; TOMASELLA, J.; SCHLESINGER, P.; SOLÓRZANO, L.; MOUTINHO, P.; RAY, D.; BENITO, G. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p.704-717, 2004.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L, ANTONINO, A. C. D.; SILVA, B. B.; MACHADO, C. C. C.; GALVÍNCIO, J. D. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtida por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1209-1217, 2012.

PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. F.; WACHHOLZ, F. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p.1243 – 1255, 2012.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas de Desenvolvimento Humano**. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios brasileiros. Disponível em: <www.pnud.org.br>. Acessado em: 26 Ago. 2013.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M.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. 200 p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Editora do Autor. 2002. 220 p.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S.; SILVA, B. B. Sazonalidade de variáveis biofísicas em regiões semiáridas pelo emprego do sensoriamento remoto. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 452-465, 2009.

RODRIGUES, L. J.; BORGES, V. Estudo da condução de calor transiente através do método das diferenças finitas explícito. **Revista Liberato**, v. 13, n. 19, p. 1-84, 2012.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, n. 1, p. 81-90, 2005.

ROUSE, JR, J.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Texas: College Station. 1974. 371 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, T. O. **Identificação de ilhas de calor em Recife-PE por meio de sensoriamento remoto e dados meteorológicos de superfície**. 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

STEINKE, V. A.; TEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, n. 1, p. 37-56, 2010.

Data de submissão: 10.05.2015

Data de aceite: 17.10.2017

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.