

DISTRIBUIÇÃO DE QUEIMADAS E MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA NO BIOMA PANTANAL, CÁCERES-BRASIL

Miriam Raquel da Silva Miranda

Universidade do Estado de Mato Grosso
Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Mato Grosso, Brasil
miriamraquel18@gmail.com

Laís Fernandes de Souza Neves

Universidade do Estado de Mato Grosso
Departamento de Geografia, Mato Grosso, Brasil
lais_geografia@hotmail.com

Jesã Pereira Kreitlow

Universidade do Estado de Mato Grosso
Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Mato Grosso, Brasil
jesapk1@hotmail.com

Sandra Mara Alves da Silva Neves

Universidade do Estado de Mato Grosso
Departamento de Geografia, Mato Grosso, Brasil
ssneves@unemat.br

Ronaldo José Neves

Universidade do Estado de Mato Grosso
Departamento de Geografia, Mato Grosso, Brasil
rjneves@unemat.br

RESUMO

Objetivou-se neste estudo investigar os padrões de distribuição de áreas queimadas no município matogrossense de Cáceres, analisando os seus impactos na cobertura vegetal e nos usos da terra, com intuito de que as informações geradas contribuam no planejamento e gestão ambiental no bioma Pantanal. A metodologia foi constituída pela aquisição das imagens Landsat 5 e 8 relativas aos anos de 2003 e 2013, dados do produto MODIS MOD45 e dados climáticos (precipitação, temperatura e umidade relativa) de 2003 a 2013, os quais foram processados e analisados por meio do SIG. A cobertura vegetal nas datas investigadas foi maior do que o de uso, contudo os usos sofreram mudanças no período. Entre 2003 e 2013 foi queimado 6.927 km² no município, o que pode ser atribuído aos fatores climáticos, considerando que as queimadas ocorreram no período seco, onde foram identificadas as maiores temperaturas, baixos índices de precipitação e umidade relativa. Concluiu-se que a temperatura foi o fator preponderante para ocorrências de queimadas, sendo que estas colaboraram para que ocorressem mudanças na cobertura vegetal e usos no município, onde foi evidenciando a diminuição da Savana Arborizada e o aumento da pecuária.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Geografia, Conservação ambiental.

DISTRIBUTION OF BUSH FIRES AND CHANGES IN VEGETATION COVERAGE AND LAND USE IN PANTANAL BIOME, CÁCERES-BRASIL

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the standards of distribution in burned over land in Cáceres, a town in the country of Mato Grosso, analyzing their impacts on

vegetation cover and land uses, in order to contribute to the planning and environmental management of the Pantanal biome. The methodology consisted of the acquisition of Landsat images 5 and 8 related to the years from 2003 to 2013, data from the product MODIS MOD45 and climatic data (precipitation, temperature and relative humidity) from 2003 to 2013, which were processed and analyzed through GIS. The vegetation coverage at the investigated dates was greater than the use, although the uses suffered changes in the period. Among 2003 and 2013, 6,927 km² was burned in the countywide, which can be attributed to the climatic factors, considering that the fires occurred in the dry period, where the highest temperatures, low precipitation indexes and relative humidity were identified. It was concluded that temperature was the preponderant factor for the occurrence of fires, and these collaborated to bring changes in the vegetation cover and uses in the Cáceres, where it was evidenced the decrease of the Savannah Florest and the increase of the raising cattle.

Keywords: Remote Sensing, Geography, Environmental conservation.

INTRODUÇÃO

Na ocupação e o uso da terra o desconhecimento e a adoção de práticas inadequadas de manejo do solo, das águas e das florestas foram, e, ainda são, os maiores responsáveis pela degradação ambiental. Desse modo, os estudos que relacionam a caracterização da cobertura vegetal e uso da terra e a análise de seus diferentes manejos são importantes ferramentas para a compreensão da intensidade das mudanças e as consequências destas em determinadas áreas. As alterações da cobertura vegetal devido às atividades humanas exercem grande influência nos ciclos biogeoquímicos e no clima em escala local e regional (FRIEDL et al., 2002). Nessa perspectiva, as queimadas podem ser consideradas modificadores da paisagem, causando danos aos ecossistemas sensíveis ao fogo, interrompendo seus processos ecológicos, ocasionando a morte de indivíduos e até mesmo a eliminação de espécies sem capacidade de evolução devida força seletiva (PIVELLO, 2011). Outros efeitos do fogo sobre a vegetação são: danos físicos e reduções na produtividade de frutos e sementes, taxas de mortalidade e padrões de dinâmica de populações e comunidades, entre efeitos sociais e económicos (MEWS et al., 2013).

A queima de biomassa compreende a combustão de todos os tipos de material orgânico e representa uma importante fonte de emissão de aerossóis e gases traços para a atmosfera, influenciando, dessa forma, o clima, principalmente em escala regional, além de ser um fator introdutório de mudanças na paisagem local e regional (ICHOKU et al., 2012).

As queimadas ocorrem em quase todo o Brasil, porém as que recebem maior destaque são as realizadas na Amazônia, sendo utilizadas para limpar pastagens e restos de colheitas (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002; PESSOA et al., 2013a). Mato Grosso é a única unidade federativa do país em que ocorrem os biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia e também um dos estados brasileiro com maior número de ocorrências de queimadas, as quais em sua maior parte ocorrem durante a estação seca (ANDERSON et al., 2005). A origem das queimadas geralmente é antropocêntrica, afetando a distribuição dos ecossistemas, modificando a estrutura de comunidades vegetais e interferindo nos mecanismos de reprodução e sobrevivência das espécies vivas (ARAÚJO et al., 2012). Na região do Pantanal, de acordo com Harris et al. (2005), apoiados nos dados do plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Brasil, 1997) a pecuária não apresenta tratamentos culturais específicos, acarretando degradação do solo, principalmente erosão e compactação, além de incêndios, queimadas e desmatamentos para estabelecimento de pastagens.

As queimadas são causados por processos antrópicos e/ou naturais, as ações antrópicas utilizam o fogo como ferramenta para atingir as mais variadas finalidades como, por exemplo, expansão das fronteiras de ocupação, conversão da floresta em lavouras e pastagens, controle de pragas e limpeza de terreno (ABREU e SOUZA, 2016). O impacto ambiental das queimadas é um tema preocupante, pois envolve o empobrecimento do solo, a fragilização de

ecossistemas, a produção de gases nocivos à saúde humana, a diminuição da visibilidade atmosférica, o aumento de acidentes, entre outras consequências (TORRES, 2006). Um dos fatores que contribui para a ocorrência e propagação do fogo são as temperaturas elevadas que provocam um maior grau de evapotranspiração, que por sua vez reduz o teor de umidade da vegetação durante o período seco (BOND et al., 2005). A precipitação faz com que as partículas em suspensão acabem por interferir no processo de formação de núcleos de condensação, alterando os mecanismos de formação de nuvens e o albedo, consequentemente alterando os processos radiativos e os ciclos hidrológicos nas regiões tropicais (YAMASOE et al., 2000).

De acordo com Pezzopane et al. (2001) a determinação das épocas de maior risco de ocorrência de incêndios é feita através de índices de previsão que baseiam-se, principalmente, em dados meteorológicos coletados em estações ou postos de observação, dentre os quais se destacam a precipitação e a umidade relativa do ar. Mas, na atualidade são inúmeras as pesquisas (PEREIRA et al., 2008b; ANTUNES e ESQUERDO, 2009) que têm utilizado as geotecnologias, como o Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento remoto, para:

a disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas sobre localização e extensão das áreas queimadas. O sensoriamento remoto representa uma ferramenta particularmente útil para obter essas informações, principalmente em extensas áreas afetadas pelo fogo e/ou áreas de difícil acesso (PIROMAL et al., 2008, p. 78).

Neste contexto, a detecção de queimadas por imagens de satélites é o método mais adequado para quantificar os impactos associados ao fogo principalmente em larga escala, entender a dinâmica de queimadas auxilia na organização dos recursos humanos e financeiros para o combate de novas queimadas e na investigação dos seus efeitos ao meio ambiente e sociedade (ANDERSON et al., 2017; FRAGAL e GASPARETTO, 2017). A análise multitemporal amplamente utilizada no monitoramento do uso da terra, consiste na extração de informações provenientes de um mesmo local obtidas em momentos distintos, permitindo detectar as mudanças na série analisada com eficiência, rapidez e confiabilidade, nesse sentido contribui para tomadas de decisões que podem evitar danos ambientais futuros. (LANGLEY, 2001).

Face a contextualização apresentada, objetivou-se investigar os padrões de distribuição de áreas queimadas no município matogrossense de Cáceres, analisando os seus impactos na cobertura vegetal e nos usos da terra, com intuito de que as informações geradas contribuam no planejamento e gestão ambiental no bioma Pantanal.

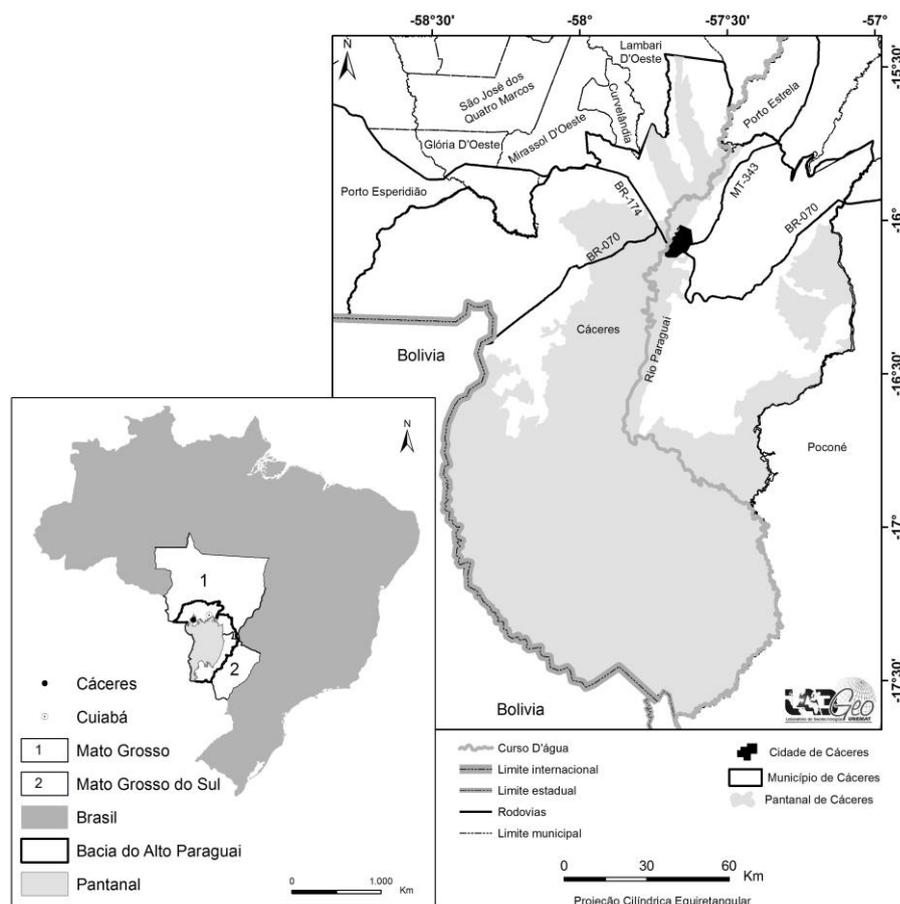
METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Cáceres, que possui 24.351,41 km², sendo deste total 50,87% pertencente ao bioma Pantanal, que está inserido na Bacia do Alto Paraguai (Figura 1). A população da municipalidade é de 87.942 habitantes, destes 87,07% vivem na zona urbana e 12,93% na rural (IBGE, 2015). A densidade demográfica é de 3,59 hab/km², seu Índice de Desenvolvimento Humano - IDH se encontra na faixa de 0,708 e a economia baseia-se na pecuária.

No município, além do Pantanal também estão presentes os biomas Amazônia e Cerrado. As unidades geomorfológicas são a Depressão do rio Paraguai, Província Serrana e Pantanal; o solo predominante é o Plintossolo e Planossolos (Embrapa, 2006); o clima é o Tropical quente e úmido, com inverso seco. A temperatura média anual do município é de 24.9 °C, onde a pluviosidade varia de 1300 a 1400 mm ao ano (NEVES et al., 2011).

Figura 1: Cáceres nos contextos brasileiro, da Bacia do Alto Paraguai, Pantanal brasileiro e dos municípios circunvizinhos



Fonte: Laboratório de Geotecnologias da Universidade do Estado de Mato Grosso (LabGeo Unemat), 2016.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

DADOS DE COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA

O trabalho foi realizado a partir das seguintes etapas: registro de imagens, recorte, segmentação das imagens, classificação supervisionada das imagens, quantificação dos dados e elaboração dos mapas temáticos para subsidiar a análise e discussão dos resultados. A seguir serão apresentadas as etapas elencadas.

Para o registro das cenas 227-71, 227-72, 228-71 e 228-72 foi necessária a aquisição das imagens do satélite Landsat 5, sensor TM e Landsat 8, sensor OLI, relativas aos anos de 2003 e 2013. Sendo essas processadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (CÂMARA et al., 1996). Para as imagens do satélite Landsat 5 o registro das imagens consistiu na obtenção de 20 pontos de controle por imagem, considerando a distribuição dos pontos em toda a sua superfície. E as imagens do satélite Landsat 8 não passaram por esse procedimento por serem corrigidas (USGS, 2013). As imagens foram mosaicadas, com posterior recorte utilizando a base cartográfica digital do município como máscara.

O próximo passo consistiu na segmentação, pautando-se no método de crescimento de regiões com a adoção dos valores 15 para similaridade e 15 para área pixel. A similaridade significa o valor mínimo que existe entre um pixel e uma região que é contígua a este, sendo este valor responsável por agrupar um pixel em uma classe determinada ou a criação de uma nova classe (VASCONCELOS e NOVO, 2004). O parâmetro área refere-se a menor área que deverá ser mapeada para que sejam

formados agrupamentos. Devido as características das imagens do satélite Landsat 8 OLI, lançado no ano de 2013, que apresenta características radiométricas diferentes das imagens do satélite Landsat 5 TM, foram utilizados os valores 80 para similaridade e 100 para área pixel.

Para a classificação utilizou-se as bandas 3, 4, 5 do satélite Landsat 5 e bandas 4, 5, 6 do Landsat 8, onde foi realizado aquisição de amostras de treinamento, implementados no classificador Bhattacharya. Foram utilizadas treze classes (Tabela 1) para elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal, definidas a partir de pesquisas junto ao relatório do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO (Brasil, 2004) e manual técnico para vegetação e uso da terra (IBGE, 2012).

Tabela 1: Caracterização do uso da terra e cobertura vegetal do município de Cáceres/MT

Região Fitoecológica, Formação ou Subformação	Código	Caraterização
I - Floresta Estacional Semi-decidual		
Floresta Aluvial	Fa	Formação florestal ribeirinha que ocupa as acumulações fluviais, com decidualidade parcial nas espécies arbóreas mais altas (IBGE, 2012).
Floresta Submontana	Cs	Ocorrem nas encostas dos planaltos e/ou serras de calcários, com ocorrência de palmeiras (<i>Attalea phalerata</i>) (IBGE, 2012).
III - Savana (Cerradão)		
Savana Arborizada		Conceituada como uma vegetação de folhas duras e pilosas da Zona Neotropical, preferencialmente de clima estacional (seis meses secos), revestindo solos lixiviados ácidos e de baixa fertilidade (BRASIL, 2012).
Savana Florestada	Sd	A Savana Florestada (Cerrado) é caracterizada fisionomicamente pelo agrupamento de espécies vegetais arbóreas, xeromorfas, com fisionomia florestal, ocorrendo em áreas não inundáveis (BRASIL, 1982).
Savana Gramíneo Lenhosa	Sg	Apresenta em sua formação gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas, que quando manejados através do fogo ou pastoreio vão sendo renovados (IBGE, 2012).
Savana Parque	Sp	Savana Parque é constituída essencialmente por um estrato graminóide, ocorrendo algumas vezes com feição de campos litossólicos e/ou rupestres (IBGE, 2012).
IV - Áreas de Tensão Ecológica ou Contatos Florísticos		
Floresta Estacional Semi-decidual/Formações Pioneiras	NPt	Representam o “contato entre duas ou mais regiões fitoecológicas e que se manifestam na forma de interpenetrações de espécies numa mesma área”, sendo um de Floresta Estacional Semi-decidual/Formações Pioneiras e o outro de Savana/Savana Estépica Arborizada (VELOSO et al., 1991).
Savana/Savana Estépica Arborizada	STt	
V - Áreas Antrópicas		
Agricultura	Ac	Definida como terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e commodities do agronegócio. Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso (IBGE, 2012).
Pecuária	Ap	Área destinada ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais (IBGE, 2012).
Influência Urbana	Iu	Área correspondente á cidade (IBGE, 2012).
Corpos D'água	Água	Incluem todas as classes de águas (IBGE, 2012).

Fonte: PROBIO, 2004.

A classificação gerada foi exportada no formato shapefile e no ArcGis, versão 9.2 (Esri, 2007) foram geradas as quantificações, através da ferramenta Calculate Geometry, e elaborados os layouts dos mapas.

Para determinar a acurácia do mapeamento, foi calculada os valores do índice Kappa comparados aos limiares estabelecidos por Landis e Koch (1977) que associa a um determinado intervalo de valores Kappa um grau de qualidade do mapa temático (Tabela 2).

Tabela 2: Qualidade da classificação associada aos valores da estatística *Kappa*

Índice Kappa	Concordância
<0,00	Péssima
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muito boa
0,80 - 1,00	Excelente

Fonte: Adaptada de Landis e Koch (1977, p.165)

DADOS DE QUEIMADAS

Para levantamento e quantificação das queimadas do município foram adquiridos os dados do produto MODIS MOD45, coleção 5.1, dos anos de 2003 a 2013, disponibilizados em formato geotiff e shapefile, com resolução espacial de 500m e resolução temporal mensal. Os dados do produto de área queimada do sensor MODIS apresentam-se validados, conforme apresentado nos trabalhos de Boschetti et al. (2008) e Roy e Boschetti (2009).

Os dados adquiridos foram importados para o ArcGis, versão 9.2, passando pelo processo de recorte, cuja máscara utilizada foi a da área do município de Cáceres (shapefile); aplicação do procedimento de união dos mapas mensais; reamostragem dos mapas de cobertura vegetal e uso da terra; geração do mapa de ocorrência de queimadas dos anos de 2003 a 2013 e intersecção entre os mapas de cobertura vegetal e uso da terra e de queimadas.

DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos de precipitação, temperatura e umidade relativa dos anos de 2003 a 2013 foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, os quais referem-se a estação meteorológica convencional do município de Cáceres. Devido não haver ocorrência de queimadas no período de chuvoso (dezembro a março) somente os dados referentes ao período de seca (abril a novembro) foram tabulados e elaborados os gráficos.

INTEGRAÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE

Foi realizada a intersecção entre os mapas de cobertura vegetal e uso da terra e os dados de queimadas para identificação e quantificação das classes de cobertura vegetal e uso da terra do município de Cáceres que foram queimadas anualmente no período de 2003 a 2013.

A integração dos dados de queimadas com os dados climáticos se deu a partir da correlação entre os meses analisados, no software R, versão 2.15.3 (R Development Core Team, 2013). A partir dos resultados gerados e seu confronto com informações bibliográficas foram realizadas as análises e a discussão.

RESULTADO E DISCUSSÃO

DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA NO PERÍODO DE 2003 E 2013

Na área de estudo há oito classes pertencente a categoria vegetação, quatro de uso antrópico e uma de Massas d'água referente a água (Tabela 3).

Tabela 3: Uso da terra e cobertura vegetal do município de Cáceres/MT

Categorias	Classes Temáticas	Legenda	Área (Km ²)		
			2003	2013	%
Vegetação	Floresta Aluvial - ao longo dos flúvios	Fa	2.748,48	1.954,21	-28,9
	Floresta Estacional Decidual Submontana	Cs	0,56	0,68	19,86
	Floresta Estacional Semi-decidual/Formações Pioneiras	NPt	2.186,16	2.193,57	0,34
	Savana Arborizada	Sa	4.380,75	3.811,36	13
	Savana Florestada (Cerradão)	Sd	1.107,24	1.375,24	24,2
	Savana Gramíneo-Lenhosa	Sg	4.952,80	4.191,44	-
	Savana Parque	Sp	49,13	29,32	40,34
	Savana/Savana Estépica Arborizada	STt	1.936,03	1.772,85	8,43
Uso Antrópico	Agricultura	Ac	-	14,56	-
	Influência Urbana	Iu	45,74	56,45	23,42
	Pecuária	Ap	5.287,20	7.493,27	41,72
	Reflorestamento	Rf	10,88	255,04	95,74
Água	Massas d'água (represas, açudes, rios, córregos, baías)	Água	1.646,44	1.203,444	-
	Total das Classes		24.351,41	24.351,41	-

A vegetação do município nos anos de 2003 e 2013 foi composta, principalmente, pelas Áreas de Preservação Permanente - APPs ao longo dos rios Paraguai, Sepotuba, Cabaçal e Jauru, todos no Pantanal de Cáceres, e na Província Serrana na porção leste.

A classe Floresta Aluvial no município está distribuída ao longo de córregos e dos rios Paraguai, Cabaçal, Jauru e Sepotuba, tendo apresentando redução de 28,90% no ano de 2013 em relação a 2003. Fato esse que pode ser atribuído ao aumento da área ocupada pela pecuária, pois resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2011) que verificaram a perda da vegetação natural no bioma Pantanal entre os anos de 1976 a 2008 em virtude do desmatamento. A Floresta Estacional Decidual Submontana, apresentou crescimento de 16,57%, que pode ser atribuído a sua localização na Serra Padre Inácio, na porção noroeste do município, que encontra-se protegida pela legislação ambiental (BRASIL, 2012).

A Savana Arborizada foi uma das classes que nos 11 anos passou por maior processo de supressão, apresentando decréscimo de 13%, em virtude da conversão de sua área para a pecuária. Abdon et al. (2007) corroboram que a utilização das áreas de pastagem no domínio do Cerrado, com derrubada de árvores geralmente é feita em área ocupadas originalmente por cerrado ou cerradão.

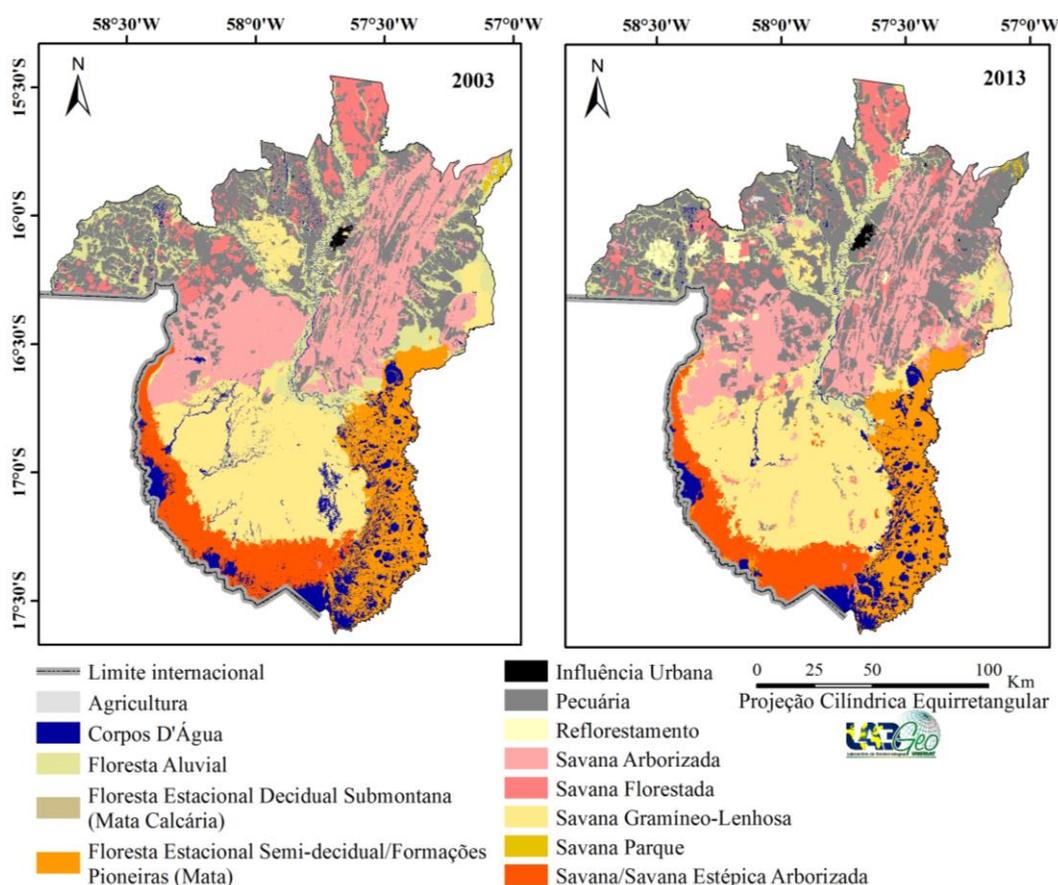
A Savana Florestada (Cerrado) tendo mantido aproximadamente a mesma área nos dois anos analisados, apresentou 24,20% de acréscimo. Nesse sentido Pereira et al. (2012a) afirmam que as áreas de écotono, Savana Florestada, Savana Arborizada do bioma Pantanal foram destinadas a conservação ambiental.

A classe Savana Parque apresentou decréscimo de 40,34% em 2013, sendo que suas áreas foram substituídas pela classe Pecuária na porção sudeste do município.

A Savana Gramíneo-Lenhosa, que está concentrada na área de estudo na porção sul do Pantanal em Cáceres, apresentando em relação ao ano de 2003 um decréscimo 15,37%, decorrente da inserção de gramíneas exóticas, situação que contraria a lei 8.830/2008 art. 3 que dispõe da Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso que tem por objetivo promover a preservação e conservação dos bens ambientais, a melhoria e recuperação da qualidade ambiental, visando assegurar a manutenção da sustentabilidade e o bem-estar da população envolvida (MATO GROSSO, 2008).

No município foram encontrados dois tipos de ecótonos, a Floresta Estacional Semi-decidual/Formações Pioneiras e a Savana/Savana Estépica Arborizada, que apresentaram respectivamente os decréscimos de 0,34% e 8,43% no período analisado. A redução de área de ambos os ecótonos pode ser devida às classes se encontrarem nas depressões alagáveis (**Figura 2**), sendo que no ano de 2013 a precipitação foi baixa. Silva et al. (2011) verificaram que nas áreas de contatos florísticos em Mato Grosso em 2004 sofreram poucas as alterações, apresentando o maior índice de áreas de tensão ecológica.

Figura 2: Cobertura vegetal e usos da terra do município pantaneiro de Cáceres, nos anos de 2003 e 2013



Fonte: Laboratório de Geotecnologias da Universidade do Estado de Mato Grosso (LabGeo Unemat), 2016.

Na municipalidade de Cáceres em 2003 a classe Agricultura não foi identificada, sendo que em 2013 ocupou 0,06% da extensão territorial municipal, estando localizada na porção noroeste do município, cuja área era anteriormente destinada a pecuária. Nesse sentido, Gouveia et al. (2013) identificaram

através do índice de transformação antrópica o aumento da agricultura no ano de 2011 para toda área da bacia do Córrego Bezerro Branco, Tangará da Serra/MT.

O percentual de crescimento da Pecuária foi de 29,44% no período investigado, constituindo a classe que apresentou maior crescimento em decorrência de ser a segunda atividade a contribuir para o PIB do município e do estado de Mato Grosso (IBGE, 2015). Resultado diferente foi encontrado por Pessoa et al. (2013b) ao realizarem a análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso na interbacia do rio Paraguai médio, situada em área de planalto da Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso, no qual a classe Pecuária diminuiu, sendo substituída pelo cultivo de cana-de-açúcar, cujo o cultivo em Cáceres é restringido pelo Decreto n. 6.961/2009 (BRASIL, 2009). Diferentemente na área da planície pantaneira em que a atividade encontra-se consolidada, por ser desenvolvida a mais de 200 anos (SILVA et al., 2001). No município de Cáceres ocorre a situação apresentada por Adami et al. (2008) de que a pecuária extensiva foi a principal responsável pela supressão vegetal na Bacia do Alto Paraguai - BAP, pois a planície pantaneira, onde concentra-se o maior rebanho bovino, mantém-se submersa no período das cheias, demandando novas áreas de pastagens, que estão situadas no planalto para abrigar e alimentar o rebanho. Assim sendo, a expansão das pastagens contribuiu para a remoção da vegetação arbórea original e ainda constitui o principal sistema econômico de muitos municípios da BAP (ABDON et al., 2007).

A Influência Urbana refere-se à cidade de Cáceres que apresentou 18,97% de crescimento no período analisado, fato que pode ser explicado pelo crescimento populacional ocorrido na última década censitária (IBGE, 2013). Cochev et al. (2010) e Santos e Zamparoni (2012) ao realizarem a análise multitemporal desta urbe também relacionaram o aumento da área urbana com o aumento da população.

A classe Reflorestamento em Cáceres refere-se a Teca (*Tectona grandis* Linm. F.), que apresentou 95,74% de crescimento no período estudado, resultado semelhante ao obtido por Pessoa et al. (2013) que identificaram crescimento do cultivo no ano de 2011 ao realizarem a análise espaço-temporal do uso da terra da interbacia do rio Paraguai médio-MT. Kreitlow et al. (2014) advertiram que as características ambientais, como a oscilação do lençol freático da Bacia do Alto Paraguai que influencia nas inundações e no stress hídrico, devem ser consideradas no cultivo da Teca nas terras do município de Cáceres, uma vez que a sua implantação em determinadas localidades pode causar desequilíbrios no Pantanal e prejuízos econômicos aos investidores.

A área da classe Água, que engloba rios, córregos e lagoas, apresentou decréscimo de 26,91%. Fato este esclarecido pelo período de aquisição da imagem de satélite se referir ao período seco.

Em relação ao desempenho dos mapeamentos, obteve-se resultados satisfatórios onde apresentaram índice de concordância Kappa entre 0,81 a 1, respectivamente para os anos de 2003 e 2013 que segundo Landis e Koch (1977) são classificados como excelente.

OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS

No município de Cáceres ao longo dos onze anos foram queimadas 6.927,00 km² de área, totalizando 28,45% de sua extensão territorial. Os anos de maior incidência foram os de 2004 e 2005, correspondendo a aproximadamente 1.700 km², o que pode ser atribuído às condições climáticas, pois em 2004 e 2005 foram anos de seca. Neves et al. (2011) verificaram que o período de seca no município é de oito meses (abril a novembro), com destaque aos meses de julho e agosto., o que torna a vegetação mais suscetível ao fogo, devido a fatores como baixa umidade e ausência de chuvas (COUTINHO, 1990).

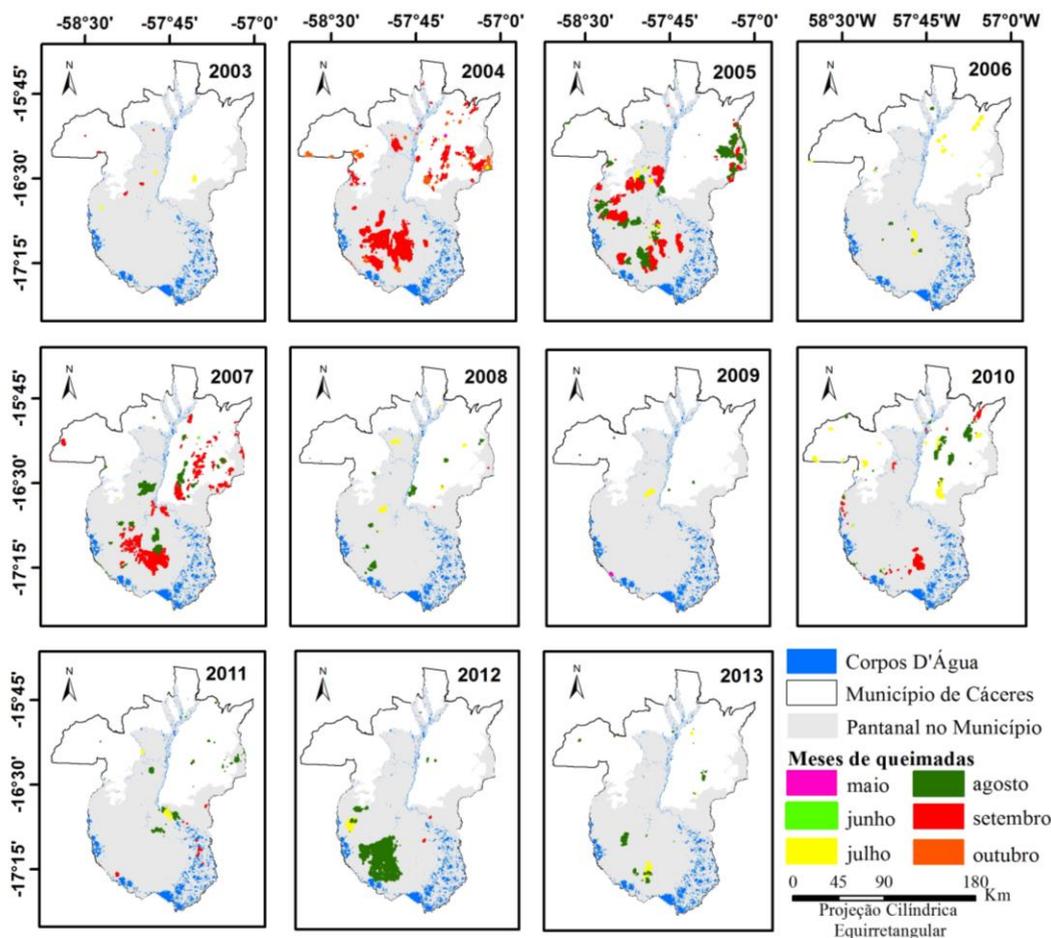
No período investigado, os meses de pico de ocorrência de queimadas foram agosto e setembro, sendo que nos anos de 2008, 2011, 2012 e 2013 mais de 65% das queimadas ocorreram em agosto; nos anos de 2003, 2004, 2005, 2007 e 2010 mais de 50% foram em setembro e nos anos de 2006 e 2009 mais de 65% incidiram no mês de julho (Figura 3). É provável que essa variação nos picos esteja relacionada ao clima e/ou às atividades antropogênicas que variam entre os anos, tal como observado em fitofisionomias distintas como nos Andes peruanos (OLIVERAS et al., 2014).

As queimadas na área de Pantanal representaram 77% do total de queimadas no município de Cáceres no período investigado. Apesar de ser área úmida está propícia a queimadas devido ao acúmulo de biomassa de gramíneas não pastadas (POTT e POTT, 1994). Santos e Nogueira (2015)

destacam que as queimadas na região do Pantanal são práticas bastante usuais, principalmente na segunda metade da estação seca

As áreas anuais queimadas variaram entre os anos em número e tamanho de ocorrências, sendo que as queimadas mensais estiveram relacionadas à sazonalidade. Esta afirmação está embasada nos resultados similares encontrados por Aragão et al. (2008) que observaram picos de queimadas de julho a setembro na Amazônia brasileira, estando incluso na análise o estado de Mato Grosso.

Figura 3: Áreas de queimadas detectadas pelo MODIS no período de 2003 a 2013



Fonte: Laboratório de Geotecnologias da Universidade do Estado de Mato Grosso (LabGeo Unemat), 2016.

Quanto ao padrão temporal de queimadas houve variação, em alguns anos a precipitação acumulada no período seco foi baixa e a ocorrência de queimadas foi elevada como 2005; em 2009 a precipitação foi elevada e a ocorrência de queimadas foi baixa; e 2012 foi elevada tanto precipitação quanto queimadas, como pode ser observado na Tabela 4. A quantidade de queimadas está relacionada aos vários fatores, entre eles a precipitação, sendo que os menores índices de precipitação foram observados nos meses de agosto. A precipitação aumenta o teor de umidade do material combustível, diminuindo a possibilidade de incêndios na vegetação, por outro lado, a falta de chuva durante uma seca prolongada, além de diminuir o teor de umidade do material combustível, aumenta a queda das folhas em consequência do estresse hídrico acrescentando maior quantidade de material combustível e tornando-o mais suscetível ao fogo (NEPSTAD et al., 2007). Nesse sentido, Neves et al. (2011) ao analisarem as características do clima de Cáceres no período de 1971 a 2009 identificaram que o menor índice de precipitação ocorre no mês de agosto.

Tabela 4: Dados climáticos e ocorrências de queimadas anuais

Anos	Precipitação mm	Temperatura °C	Umidade %	Queimada	
				Município km ²	Pantanal km ²
2003	50,93	25	71	60,00	23,33
2004	59,75	25	71	1.691,00	1.255,78
2005	47,38	26	69	1.687,46	1.420,63
2006	86,88	26	69	77,46	36,17
2007	51,99	26	71	1.276,00	883,69
2008	34,14	25	69	158,00	99,74
2009	47,41	25	74	31,00	28,93
2010	45,49	25	69	490,00	188,86
2011	34,08	26	77	190,00	167,37
2012	91,50	27	68	1.096,00	1.082,07
2013	78,80	26	90	151,00	125,28
Total				6.927	5.312

As condições climáticas desempenham um papel fundamental na avaliação do comportamento do fogo, sobretudo por causa do dinamismo e da velocidade de suas variações, compondo quadros distintos a cada período de tempo, conforme foi evidenciado nos resultados apresentados em relação à precipitação. Além desta variável, destaca-se outros elementos climáticos importantes para a avaliação do comportamento do fogo que são a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar (TORRES, 2006).

A temperatura média mensal variou de 20 a 35°C nos meses de seca, entre os anos de 2003 a 2013. O ano de 2012 foi o que apresentou maior média de temperatura (27°C) e foram queimados 1.096,00 km²; em 2009 a temperatura foi de 24°C e a extensão queimada foi de 31 km². Segundo estudos de Vasconcelos et al. (2015) mostram que o fogo pode ocorrer com temperatura acima de 24 °C, dependendo do tipo de cobertura vegetal e a temperatura acima de 29 °C proporciona condição favorável à propagação do fogo.

Assim como as demais variáveis climáticas analisadas, a relação entre as queimadas com umidade relativa do ar também apresentou variação. A maior umidade relativa registrada foi para o ano de 2013 (90%) o qual foi registrado como um dos anos em que houve menor ocorrência de queimada (151 km²), aponta que a umidade do ar afeta diretamente o teor de umidade do material combustível e tem estreita relação com sua flamabilidade (VASCONCELOS et al., 2015).

No período investigado, no ano de 2009 foi registrada baixa umidade (74%) e menor ocorrência de queimadas (31 km²). Torres (2006) relata que quanto maior a umidade do ar, menor a presença de focos de incêndio, visto que o ar mais seco proporciona, sobretudo no material combustível morto, como mencionado, uma maior propensão à ocorrência de fogo. Entretanto, os resultados obtidos mostraram-se atípicos, ou seja, diferenciaram ao padrão indicado na literatura.

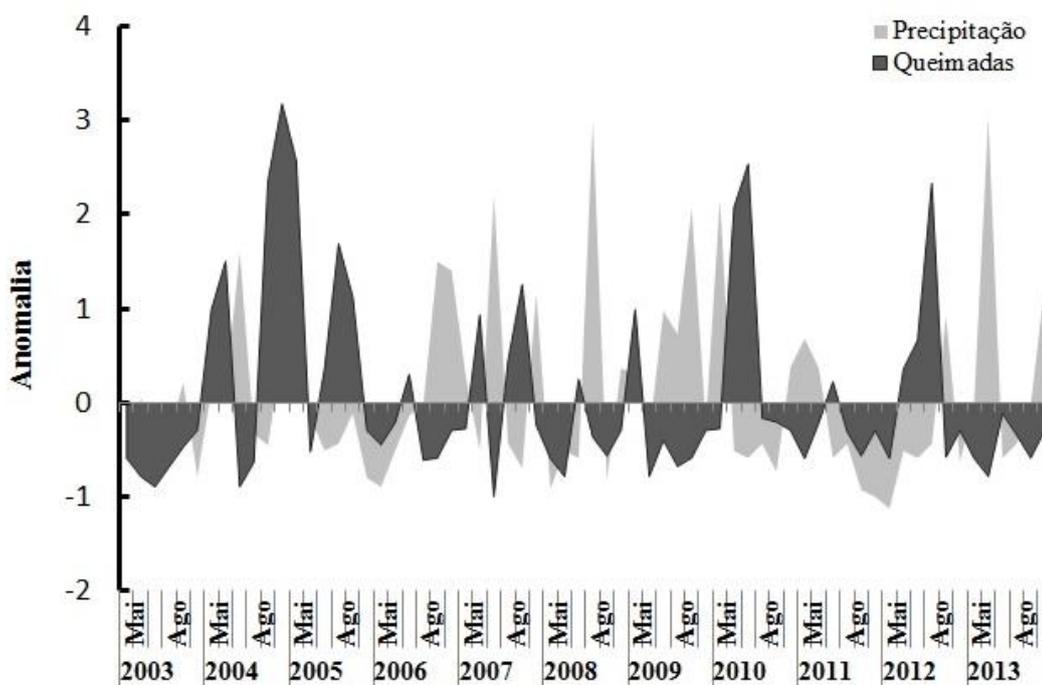
Numa análise conjunta dos dados das variáveis climáticas correlacionados aos das queimadas, não ocorreu correlação entre as variáveis, neste caso os dados das variáveis foram submetidos ao teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 5\%$) para verificação da normalidade, que evidenciou que as variáveis não apresentavam distribuição normal. O que pode estar relacionado aos dados utilizados e suas limitações.

No produto de área queimada do MODIS uma limitação refere-se a incêndios que talvez não deixem cicatrizes, como por exemplo, o fogo em sub-bosque, ou a queimada pode ser pequena de tal forma que não é detectada pelo produto devido a sua escala espacial (pixel de 250m), gerando assim, subestimativa de área queimada (ROY e BOSCHETTI 2009). Quanto aos dados climáticos devido ao fato de haver uma única estação meteorológica no município e ausência nas demais municipalidades de entorno, para representar uma área de extensão territorial considerável, como é o caso do município que possui 24.351,41 km².

Rossato et al. (2004) expuseram que o percentual de armazenamento de água no solo é baixo entre os meses de julho e setembro em virtude das altas temperaturas, associando-as ao período em que ocorre a diminuição da precipitação, contribuindo para o aumento da evapotranspiração e tornando a vegetação mais seca, o que facilita a ocorrência e propagação dos incêndios.

Ao longo de 2004, 2010 e 2012 ocorreram os picos de anomalias positivas de queimadas, ou seja, nestes meses as queimadas ocorreram significativamente diferentes da média. Segundo Aragão et al. (2008) períodos muito secos causam anomalias de precipitação e estresse hídrico, acarretando aumento de queimadas, transformando as áreas afetadas pelo fogo mais suscetíveis a incêndios recorrentes. Além disso, queimadas ocasionam aumento da emissão de CO₂ na atmosfera devido à queima da biomassa. Contudo, em 2006 e em 2011 ocorreram longos períodos de persistência de anomalias negativas de chuva, porém, sem ocorrência de anomalias positivas de queimadas (Figura 4).

Figura 4: Anomalia de precipitação e queimadas na época seca no período de 2003 a 2013



Relativo à ocorrência de queimadas nas classes de cobertura vegetal e uso da terra no período de 2003 e 2013 as classes atingidas pelas queimadas foram: Floresta Aluvial, Savana Florestada, Savana Arborizada, Savana Gramíneo-Lenhosa e Pecuária (Tabela 5).

Foram queimados 482,91 km² da formação Floresta Aluvial entre 2003 e 2013, sendo que em 2003 essa formação queimou mais que o ano de 2013, nesse sentido pode-se dizer que a diminuição dessa formação no ano de 2013 não foi ocasionada pelas queimadas, mas provavelmente pelo desmatamento, ou seja, pela derrubada da vegetação.

A Savana Florestada apresentou 165,43 km² de área queimada em 11 anos, no qual foram queimados 1,45 Km² em 2003, superior ao do ano de 2013. As classes Floresta Aluvial e Savana Florestada foram as classes menos impactadas pela ação do fogo, visto que tem como características árvores de grande porte e presença de ambiente úmido, que dificultam o início e a propagação das queimadas quando comparadas a áreas de vegetação rasteira e mais seca, como a Savana Gramíneo-Lenhosa e Savana Arborizada.

Tabela 5: Áreas queimadas conforme a cobertura vegetal e usos da terra, 2003 e 2013.

Categoria	Classes	2003		2013	
		Área das classes (km ²)	Área queimada (km ²)	Área das classes (km ²)	Área queimada (km ²)
Vegetação	Fa	2.748,48	5,08	1.954,21	0,33
	Cs	0,56	-	0,68	-
	NPt	2.186,16	-	2.193,57	-
	Sa	4.380,75	32,23	3.811,36	16,13
	Sd	1.107,24	1,49	1.375,24	0,32
	Sg	4.952,80	12,77	4.191,44	124,10
	Sp	49,13	-	29,32	-
	STt	1.936,02	-	1.772,85	-
Uso Antrópico	Ac	-	-	14,56	-
	Iu	45,74	-	56,45	-
	Ap	5.287,20	8,47	7.493,27	10,12
	Rf	10,88	-	255,04	-
Água	Corpos D'água	1.646,44	-	1.203,44	-
	Total das Classes	24.351,41	60	24.351,41	151

Durante 11 anos a formação de Savana Arborizada teve 1.045,04 km² de sua extensão queimada, sendo que a maior parte de sua área com o passar dos anos foi suprimida para desenvolvimento da atividade Pecuária. Ao analisar a Savana Arborizada no ano de 2003 constatou-se que 32,23 km² de sua área foi queimada, constituindo nesse ano a formação vegetacional que foi mais susceptível a incidência de queima, evidenciando que aproximadamente metade de sua extensão pode ter sofrido alteração ou ter sido incorporada pela classe Pecuária. A ocorrência de queimadas nessa formação pode ter sido favorecida pelo clima estacional, que no período de seca aumenta as possibilidades e a ocorrência de queimadas, e ao tipo de manejo adotado em áreas com predomínio de Cerrado (PEREIRA et al., 2013). Imatomi et al. (2014) aponta que a biomassa é eliminada após o incêndio, fazendo com que a vegetação perca a capacidade fotossintética, assim para apoiar as demandas respiratórias e iniciar a germinação, essa vegetação depende dos nutrientes armazenados em seu sistema.

A classe Savana Gramíneo-Lenhosa possui resistência ao fogo, o que explica sua conservação, mesmo sendo a formação vegetacional que mais foi queimada ao longo de 11 anos. No ano de 2013 o índice de áreas queimadas aumentou, devido à parte das áreas recobertas por vegetação natural terem sido suprimidas, visando o desenvolvimento da Pecuária. Essa formação possui seus sistemas subterrâneos protegido no solo, de uma forma que brota no pós-fogo, considerada uma estratégia ecológica segundo Imatomi et al. (2014).

Quanto à Pecuária, 1.300,85 km² foram queimados de 2003 a 2013, em virtude do fogo ser utilizado no seu manejo. Comparando os anos de 2003 e 2013 verificou-se que houve aumento de queimadas na classe Pecuária, situação que pode estar relacionada ao aumento com as áreas de manejo de pastagem para criação de gado (PIROMAL et al., 2008).

Como a quantidade de áreas de queimadas nas formações Floresta Aluvial e Savana Florestada foram aproximadamente a mesma nos anos de 2003 e 2013, infere-se que as queimadas não implicaram em mudanças ecológicas e/ou fisiológicas, sendo que a princípio, as queimadas nessas formações seriam apenas de origem natural, conforme as condições climáticas locais e disponibilidade de material vegetal combustível, pois incêndios também podem ser ocasionados de forma natural por relâmpagos, e em períodos de clima seco a interação de fatores como biomassa herbácea, gramíneas, materiais inflamáveis contribuem para ocorrência de queimadas; ou devido a vizinhança com outras formações que foram incorporadas a algum tipo de usos da terra, cujo manejo ocorre por meio do fogo.

O Pantanal ocupa no município de Cáceres 57,08% de sua extensão territorial (NEVES, 2006), sendo que ao longo de 11 anos os valores de queima foram de 5.312,00 km², uma vez que os anos de 2004 (1.255,78 km²), 2005 (1.420,63 km²), 2007 (883,69 km²) e 2012 (1.082,07) foram os anos que apresentaram maiores índices de queimadas no Pantanal, o que está ligado ao manejo da pastagem natural (limpeza de pasto). Os resultados encontrados por Cardoso et al. (2000) corroboram com achados desse estudo de que a queima das pastagens nativas procura eliminar ou conter a expansão de espécies indesejáveis e promover o rebrote das forragens de baixa aceitabilidade.

A suscetibilidade das fitofisionomias em relação ao fogo se dá a partir do índice de biomassa de cada tipo de formação vegetal, nesse sentido as formações que mais queimaram entre 2003 e 2013 são as de Savana, o que contribui para a queima em virtude de suas características. Segundo Lopes et al. (2009), as gramíneas estão presentes na maioria das fitofisionomias do Cerrado, que são constituídas por material lenhoso pouco espesso, com copa pouco xuberante e, portanto, um dossel descontínuo que em períodos de seca favorece a incidência de queimadas, que, sem controle avançam para incêndios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período investigado (2003 e 2013), o percentual de vegetação foi maior que o de uso da terra, embora esta tenha decrescido no decorrer dos anos devido a expansão das áreas destinadas à pecuária. Assim sendo, as queimadas, como forma de manejo da pastagem natural contribuíram nas mudanças do uso e cobertura da terra, sobretudo na formação de Savana Gramínea-Lenhosa no Pantanal de Cáceres.

A elevada incidência de queimadas ocorreu nos meses mais secos do ano, quando houve maior influência da temperatura do que da precipitação e da umidade relativa no ambiente de Pantanal, decorrente do manejo da formação da Savana Gramíneo-Lenhosa para ser utilizada como pastagem para a Pecuária de corte.

Sugere-se a adoção de estratégias de monitoramento do bioma Pantanal, a exemplo do que ocorre no bioma Amazônia, e controle das queimadas no município, uma vez que são utilizadas para manejo da pastagem, especialmente nos meses de agosto e setembro (período seco). Assim como as ações de educação ambiental junto a população municipal e os turistas, visando se não a eliminação da queimada, mas a amenização de seus efeitos deletérios para o ambiente.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES pela concessão da bolsa de mestrado da autora.

Ao projeto de pesquisa “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT” financiado no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

REFERÊNCIAS

ABDON, M. M., SILVA, J. S. V., SOUZA, I. M., ROMON, V. T.; RAMPAZZO, J., FERRARI, D. L. Desmatamento no bioma Pantanal até o ano 2002: Relações com a fitofisionomia e limites municipais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 59, p. 17-24, 2007.

ABREU, F. A., SOUZA, J. S. A. Dinâmica espaço-temporal de focos de calor em duas terras indígenas do estado de Mato Grosso: uma abordagem geoespacial sobre a dinâmica do uso do fogo por Xavantes e Bororo. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2016. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.041813>

ADAMI, M., FREITAS, R. M., PADOVANI, C. R., SHIMABUKURO, Y. E., MOREIRA, M. A. Estudo da dinâmica espaço-temporal do bioma Pantanal por meio de imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1371-1378, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001000016>

ANDERSON, L. O., CHEEK, D., ARAGÃO, L. E. O. C., ANDERE, L., DUARTE, B., SALAZAR, N., LIMA, A., DUARTE, V., ARAI, E. Development of a Point-based Method for Map Validation and Confidence Interval Estimation: A Case Study of Burned Areas in Amazonia. **Journal of Remote Sensing & GIS**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.4172/2469-4134.1000193>

ANDERSON, L. O., ARAGÃO, L. E. O. C., LIMA, A., SHIMABUKURO, Y. E. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 4, p. 445-456, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000400009>

ANTUNES, J. F. G., ESQUERDO, J. C. D. M. Mapeamento do risco de incêndio na bacia do Alto Paraguai utilizando dados AVHRR-NOAA. **Geografia**, v. 34, Número Especial, p. 783-794, 2009.

ARAGÃO, L. E. O. C., MALHI, Y., BARBIER, N., LIMA, A., SHIMABUKURO, Y., ANDERSON, L. O., SAATCHI, S. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 370, n. 1663, p. 1779-1785, 2008.

ARAÚJO, F. M., FERREIRA, L. G., ARANTES, A. E. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002–2010 Period. **Remote Sensing**, v. 4, n. 7, p.1329-1946, 2012.

BOND, W. J., WOODWARD, F. I., MIDGLEY, G. F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, v. 165, n. 2, p. 525-538, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>

BOSCHETTI, L., ROY, D., BARBOSA, P., BOCA, R., JUSTICE, C. A. MODIS assessment of the summer 2007 extent burned in Greece. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 8, p. 2433-2436, 2008. <https://doi.org/10.1080/01431160701874561>

BRASIL. Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 17 de setembro de 2009. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6961.htm.> Acesso em: 29 de jan. 2015.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto Radambrasil. **Folha SD. 21**, Cuiabá; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p. 401-540, 1982.

BRASIL. **Projeto Probio**. Avaliação e ações para a conservação da biodiversidade nos biomas Cerrado e Pantanal. Ministério do Meio Ambiente, 2004. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/Sumario%20CerradoPantanalpdf.> Acesso em: 10 out. 2014.

BRASIL. Projeto Pantanal, Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA. **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1997.

CÂMARA, G., FREITAS, U. M., SOUZA, R. C. M., GARRIDO, J. SPRING. Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v. 15, n. 6, p. 13-22, 1996. [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(96\)00008-8](https://doi.org/10.1016/0097-8493(96)00008-8)

CARDOSO, E. L., CRISPIM, S. M. A., RODRIGUES, C. A. G., BARIONI JÚNIOR, W. Biomassa aérea e produção primária do estrato herbáceo em campo de Elyonurus Muticus submetido à queima anual, no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1501-1507, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000800001>

COCHEV, J. S., NEVES, S. M. A. S., NEVES, R. J. Espaço urbano de Cáceres/MT, analisado a partir de imagens de sensoriamento remoto e SIG. **Revista GeoPantanal**, v. 5, n. 8, p. 145-160, 2010.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.) **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. p. 82- 95. https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_6

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006.

ESRI. **ArcGis 9.2**. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA. 2007.

FRAGAL, E. H., GASPARETTO, N. V. L. Análise comparativa de dados e produtos de Sensoriamento remoto com resolução espacial moderada para detecção de áreas queimadas no Parque Nacional de Ilha Grande entre 2007 e 2009. **Bol. Goia. Geogr. (Online)**, v. 37, n. 2, p. 283-301, 2017.

FRIEDL, M. A., MCIVER, D. K., HODGES, J. C. F., ZHANG, X. Y., MUCHONEY, D., STRAHLER, A. H., WOODCOCK, C. E.; GOPAL, S., SCHNEIDER, A., COOPER, A., BACCINI, A., GAO, F., SCHAFF, C. Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. **Remote Sensing of Environmmt**, v. 83, n. 1-2, p. 287-302, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00078-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00078-0)

GOUVEIA, R. G. L., GALVANIN, E. A. S., NEVES, S. M. A. S. Aplicação do índice de transformação antrópica na análise Multitemporal da Bacia do Córrego do Bezerro Vermelho em Tangará da Serra-MT. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1045-1054, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000600006>

HARRIS, M. B., ARCANGELO, C., PINTO, E. C. T., CAMARGO, G., RAMOS NETO, M. B. SILVA, S. M. **Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro**. Relatório técnico. Campo Grande: Conservação Internacional, 2005. Disponível em:<<http://www.conservacao.org/arquivos/Perda-de-area-natural-daBAP.pdf>> Acesso em: 25 de jan. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510250&search=mato-grosso|caceres>> Acesso em: 29 de jan. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 92 p.

ICHOKU, C., KAHN, R., CHIN, M. Satellite contributions to the quantitative characterization of biomass burning for climate modeling. **Atmospheric Research**, v. 111, n. 1, p. 1-28, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.03.007>

IMATOMI, M., SOUZA, J. P., GUALTIERI, S. C. J., FERREIRA, A. G. The role of root buds in the regeneration of *Casearia sylvestris* Swartz (Salicaceae) in the Cerrado, São Carlos, São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v. 41, n. 3, p. 345-352, 2014. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062014000300003>

KREITLOW, J. P., NEVES, S. M. A. S., NEVES, R. J., SERAFIM, M. E. Avaliação geoambiental das terras do município brasileiro de Cáceres para o cultivo da teca. **Revista Ra'e Ga**, v. 31, p. 53-68, 2014. <https://doi.org/10.5380/raega.v31i0.32948>

LANDIS, J. R., KOCK, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 31, n. 1, p. 159-174, 1977. <https://doi.org/10.2307/2529310>

LANGLEY, S. K., CHESHIRE, H. M., HUMES, K. S., 2001. A comparison of single date and multitemporal satellite image classifications in a semi-arid grassland. **Journal of Arid Environments**, v. 49, n. 2, p. 401-411, 2001. <https://doi.org/10.1006/jare.2000.0771>

LOPES, S. F., VALE V. S., SCHIAVINI, I. Efeito de queimadas sobre a estrutura e composição da comunidade vegetal lenhosa do Cerrado sentido restrito em Caldas Novas, GO. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 695-704, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000400012>

MATO GROSSO (Estado). Lei Estadual nº 8.830 de 21 de janeiro de 2008. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso**. Disponível em:<http://www.al.mt.gov.br/storage/webdisco/leis/lei_4702.pdf> Aceso em: 23 de set. 2015.

MATO GROSSO (Estado). Secretaria de Estado e Planejamento e Coordenação Geral. **Anuário Estatístico de Mato Grosso**. Dispniável em: <<http://www.seplan.mt.gov.br/html/index.php>> Acesso em: 29 de set. 2014.

MATO GROSSO (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso**: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas

estruturantes. Disponível em:<<http://www.seplan.mt.gov.br/mt20/mt20.htm>> Acesso em: 29 de jan. 2015.

MEWS, H. A., SILVÉRIO, D. V., LENZA, E. MARIMON, B. S. Influência de agrupamentos de bambu na dinâmica pós-fogo da vegetação lenhosa de um cerrado típico, Mato Grosso, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n 2, p. 211-221, 2013. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000200002>

NEVES, S. M. A. S. Modelagem de um banco de dados geográficos do Pantanal de Cáceres-MT: estudo aplicado ao turismo. **Anu. Inst. Geocienc**, v. 29, n. 2, p. 242-243, 2006.

NEPSTAD, D. C., TOHVER, I. M., MOUTINHO, P., CARDINOT, G. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest. **Ecology**, v. 88, n. 9, p. 2259–2269, 2007. <https://doi.org/10.1890/06-1046.1>

NEVES, S. M. A. S., NUNES, M. C. M., NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídios as atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.

OLIVERAS, I., ANDERSON, A. O.; MALHI, Y. Application of remote sensing to understanding fire regimes and biomass burning emissions of the tropical Andes. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 4, n. 28, p. 480-496, 2014. <https://doi.org/10.1002/2013GB004664>

PEREIRA, A. A., BARROS, D. A., JUNIOR, F. W. A., PEREIRA, J. A. A., REIS, A. A. Análise da distribuição espacial de áreas queimadas através da função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 445-455, 2013.

PEREIRA, G., CHÁVEZ, E. S., SILVA, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 7, p. 89-103, 2012a. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.826>

PEREIRA, G., CARDOZO, F. S., ARAI, E., MORAES, E. C., FERREIRA, N. J., FREITAS, S. R., 2008. Avaliação de áreas queimadas a partir de índices espectrais derivados de dados orbitais. **Geografia**, v. 33, n. 3, p. 513-525, 2008b.

PESSOA, S. P. M., GALVANIN, E. A. S., KREITLOW, J. P., NEVES, S. M. A. S., NUNES, J. R. S., ZAGO, B. W. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na interbacia do rio Paraguai médio-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 119-128, 2013a. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100013>

PESSOA, S. P. M., GALVANIN, E. A. S., NEVES, S. M. A. S., KREITLOW, J. P. Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na Bacia hidrográfica do Rio Bugres – Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 162-174, 2013b.

PEZZOPANE, J. E. M., OLIVEIRA NETO, S. N., VILELA, M. F. Risco de incêndio em função da característica do clima relevo e cobertura do solo. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 161-166, 2001.

PIROMAL, R. A. S., RIVEIRA-LOMBARDI, R. J., SHIMABURURO, Y. E., FORMAGGIO, A. R., KRUG, T. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 1, p. 77-84, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000100009>

PIVELLO, V. R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 1, p. 24-39, 2011. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá/Brasília: Embrapa-CPAP/Embrapa-SPI, 1994.

R development core team. **R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística**. Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em:<<http://www.R-project.org>> Acesso: 10 out. 2014.

RIBEIRO, H., ASSUNCAO, J. V. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 44, p. 125-148, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142002000100008>

ROSSATO, L., ALVALÁ, R. C. S., TOMASELLA, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.

ROY, D. P., BOSCHETTI, L. Southern Africa Validation of the MODIS, L3JRC and GlobCarbon Burned Area Products. **IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 47, n. 4, p. 1032-1044, 2009. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2009000>

SANTOS, A. C. A., NOGUEIRA, J. S. Análise do material particulado no Pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, p. 254-264, 2015. <https://doi.org/10.1590/0102-778620140059>

SANTOS, L., ZAMPARONI, C. A. G. P. Evolução demográfica e influência urbana no uso e ocupação do solo urbano em Cáceres (MT) entre 1940 e 2010. **Acta Geográfica**, v. 6, n. 13, p. 17-136, 2012.

SILVA, J. S. V., ABDON, M. M., NEVES, S. M. A. S., MORAES, J. A. Evolution of deforestation in the brazilian Pantanal an surroundings in the timeframe 1976 a 2008. **Geografia**, v. 36, p. 35-55, 2011.

TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, p. 162-171, 2006.

VASCONCELOS, S. S., FEARNSTIDE, P. M. GRAÇA, P. M. L. A., SILVA, P. R. T., DIAS, D. V. Suscetibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2005. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 134-144, 2015. <https://doi.org/10.1590/0102-778620140070>

VASCONCELOS, C. H., NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí – PA. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 3, p. 487-493, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000300014>

VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R., LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.

YAMASOE, E., M. A., ARTAXO, P., MIGUEL, A. H., ALLEN, A. G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 10, p. 1641-1653, 2000. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00329-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00329-5)

Recebido em: 16/02/2017

Aceito para publicação em: 25/09/2017