



Revista do Departamento de Geografia USP

Revista do Departamento de Geografia  
Universidade de São Paulo  
[www.revistas.usp.br/rdg](http://www.revistas.usp.br/rdg)  
ISSN 2236-2878



V.34 (2017)

## Análise Ambiental da Ocorrência das Queimadas na Porção Nordeste do Cerrado

### *Environmental Analysis of Burning Occurrence in Northeast Area of Cerrado*

**Fernanda Cristina Resende**

Universidade Federal de São João del-Rei  
fecrisresende@yahoo.com.br

**Francielle da Silva Cardozo**

Universidade Federal de São João del-Rei  
franciellecardozo@ufsj.edu.br

**Gabriel Pereira**

Universidade Federal de São João del-Rei  
pereira@ufsj.edu.br

Recebido (Received): 08/05/2017 Aceito (Accepted): 06/10/2017  
DOI: 10.11606/rdg.v34i0.131917

**Resumo:** Com a crescente demanda nos últimos anos por áreas agricultáveis ainda não exploradas, o bioma Cerrado se tornou um dos ambientes mais favoráveis para a expansão da fronteira agrícola. Uma das consequências consiste no desmatamento e no aumento do número de queimadas, ocasionando a degradação e supressão de extensas áreas de ecossistemas naturais do bioma. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal analisar a distribuição espacial das áreas queimadas na porção nordeste do bioma Cerrado. Desta forma, foi realizado o mapeamento das áreas queimadas em imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), da plataforma Terra e Aqua, nos anos de 2012 a 2015 a partir do uso do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). Os dados de precipitação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) do produto 3B43 foram utilizados para verificar a influência das chuvas na ocorrência das queimadas. Além disso, analisou-se a ocorrência das queimadas com o uso e cobertura da terra, com as Unidades de Conservação (UC) e com os municípios da área de estudo. Foi verificado que as áreas mais atingidas por queimadas são de Savana, Savana Lenhosa e Gramíneas e os anos que apresentaram menores índices de precipitações também foram os anos que ocorreram maior incidência de queimadas. A unidade de conservação mais atingida foi a Estação Ecológica Uruçuí-Uma no Piauí, com uma média de 36,5% de sua área queimada e os municípios mais atingidos estão localizados principalmente nos estados do Piauí e Maranhão, apresentando em média metade de suas áreas queimadas.

**Palavras-Chaves:** Queima de biomassa; Uso e Ocupação da Terra; Impactos; MATOPIBA.

**Abstract:** Through the increase of the agricultural areas, the Cerrado biome has become one of the most favorable environments for the expansion of the Brazilian's agricultural frontier. One of the consequences is the deforestation and the increase of the number of fires, leading to the degradation and suppression of large areas of natural ecosystems in this biome. Consequently, the objective of this study was to analyze the spatial distribution of the burned areas in northeast area of Cerrado. For this purpose, the mapping of the burned areas in MODIS sensor images was performed for the 2012 to 2015 years, using the Linear Spectral Mixture Model (LSMM). The rainfall data from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) were used to verify the influence of rainfall on burning occurrence. In addition, the occurrence and frequency of burnings were analyzed with the land use and land cover, with the conservation units and with the counties located in the study area. From the burned areas mapping in MODIS sensor images it was verified that the areas most affected by fires are Savannas, Grasslands and Woody Savannas. The precipitation data showed that the years with the lowest precipitation rates were also the years with the highest incidence of burned areas. The conservation unit most affected was the Uruçuí-Uma, an Ecological Station located in Piauí, with an average of 36.5% of its area burned and the municipalities most affected are located mainly in the states of Piauí and Maranhão, with half of their areas burned in average.

**Keywords:** Biomass Burning; Land Use and Land Cover; Impacts; MATOPIBA

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda por grãos e biocombustíveis, o Cerrado brasileiro tornou-se um dos ambientes mais favoráveis para a expansão da fronteira agrícola, sendo que as terras disponíveis, destinadas à produção em larga escala, tornaram-se um recurso cada vez mais escasso e estão concentradas principalmente nas regiões tropicais, alternando-se de acordo com a oferta e aumento do comércio internacional de commodities agrícolas (ALEXANDER *et al.*, 2015). Além da política de financiamento agrícola, advinda principalmente após a Revolução Verde e a atuação do governo que incentivou a busca de novas tecnologias e técnicas de manejo eficientes, os solos bem drenados e planos juntamente com a oferta de recursos naturais foi fundamental para a ocupação agrícola no Cerrado (DINIZ, 2006).

Adversamente aos bons resultados obtidos financeiramente, a expansão agrícola impõe custos ambientais consideráveis em um processo contínuo de degradação do Cerrado que, devido a sua biodiversidade, é o segundo bioma mais representativo do território brasileiro (KLINK; MACHADO, 2005), ocupando cerca de 22% do território nacional (RATTER *et al.*, 1996). Dentre as principais mudanças do uso e cobertura da terra no Cerrado, pode-se citar o desmatamento para fins da agricultura e pecuária, as invasões biológicas por espécies exóticas e as queimadas (PIVELLO, 2011). O fogo geralmente é utilizado após a retirada da vegetação natural para a abertura de novas áreas agrícolas, para a limpeza de áreas, rotação de culturas agrícolas, controle de pragas, remoção de vegetação seca e restos de cultivo e manutenção de pastagens, pois constitui uma técnica de baixo custo para os agricultores, sendo a atividade humana a causa mais comum das queimadas (BATISTA, 2004; LAUK; ERB, 2009; MARENGO *et al.*, 2010).

Como afirmam Klink e Machado (2005), mesmo sendo o Cerrado um ecossistema acostumado ao fogo, a queima das pastagens para a rebrota e para a abertura de áreas agrícolas causam perda de nutrientes, compactação e erosão dos solos além dos danos prejudiciais à flora e fauna, devido às temperaturas extremamente altas que podem ocorrer durante a queimada, principalmente na época seca. Além disso, a alta frequência do fogo pode levar à substituição da vegetação lenhosa por uma vegetação não arbórea, que podem necessitar entre cinquenta a centenas de anos para se recuperar totalmente após a queima (BERGERON *et al.*, 2001).

Estimativas indicam, em uma projeção futura, que até 2050 ocorrerá o desmatamento de 13,5% do restante do bioma Cerrado, com taxas médias de 40.000 km<sup>2</sup> por década (FERREIRA *et al.*, 2012). Desta forma, o monitoramento sistemático se torna imprescindível para ações de prevenção e combate ao desmatamento e às queimadas, em especial nos ecossistemas ameaçados pela ação antrópica, assim como, para traçar metas no planejamento para controle e gerenciamento eficiente para os próximos anos (PIROMAL *et al.*, 2008).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se nas coordenadas 02° e 15° de latitude sul e 42° e 51° de longitude oeste, abrangendo as mesorregiões: Extremo Oeste Baiano; Sudoeste Piauiense; Sul Maranhense e Oriental do Tocantins, área conhecida como MATOPIBA (**Figura 1**). Os estados que estão inseridos na área de estudo possuem domínio do Cerrado, que por sua vez limita-se com outros três biomas diferentes, a norte com o domínio da Amazônia, a leste e a nordeste com o da Caatinga e de leste a sudeste com o da Floresta Atlântica, ocorrendo nesses limites as “faixas de transição” que são a ocorrência de dois ou mais domínios morfoclimáticos (Ab´SABER, 2003; SILVA, *et al.*, 2008).

O Cerrado possui em grande parte do seu domínio características climáticas bem definidas, apresentando duas estações, uma chuvosa, que começa entre os meses de setembro e outubro e se estende até março e abril, e outra estação seca, que se inicia entre os meses de abril e maio e estende-se até os meses de setembro a outubro, ocorrendo em média de 5 a 6 meses de deficiência hídrica (SILVA *et al.*, 2008). O clima é predominantemente classificado como Aw de Köppen, Tropical Chuvoso, caracterizado por invernos secos e verões quentes e chuvosos, coincidindo com a distribuição da maioria das Savanas. A precipitação média anual gira em torno de 1.500mm, variando de 750mm a 2.000mm (RICHARDS, 1976; NIMER, 1989; RIBEIRO; WALTER, 2008).

O bioma Cerrado apresenta fisionomias diferentes reunindo formações florestais, savânicas e campestres, um gradiente vegetacional entre árvores e arbustos, entre arbustos e subarbustos e entre subarbustos e estruturas herbáceas. Fisionomicamente, o termo floresta se refere às áreas em que as espécies arbóreas são predominantes, com dossel contínuo ou não. O termo savana representa as áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem dossel contínuo e regiões de campos indicam as áreas com espécies herbáceas e algumas arbustivas, sem árvores na composição da paisagem (EITEN, 1972; RIBEIRO; WALTER, 1998).

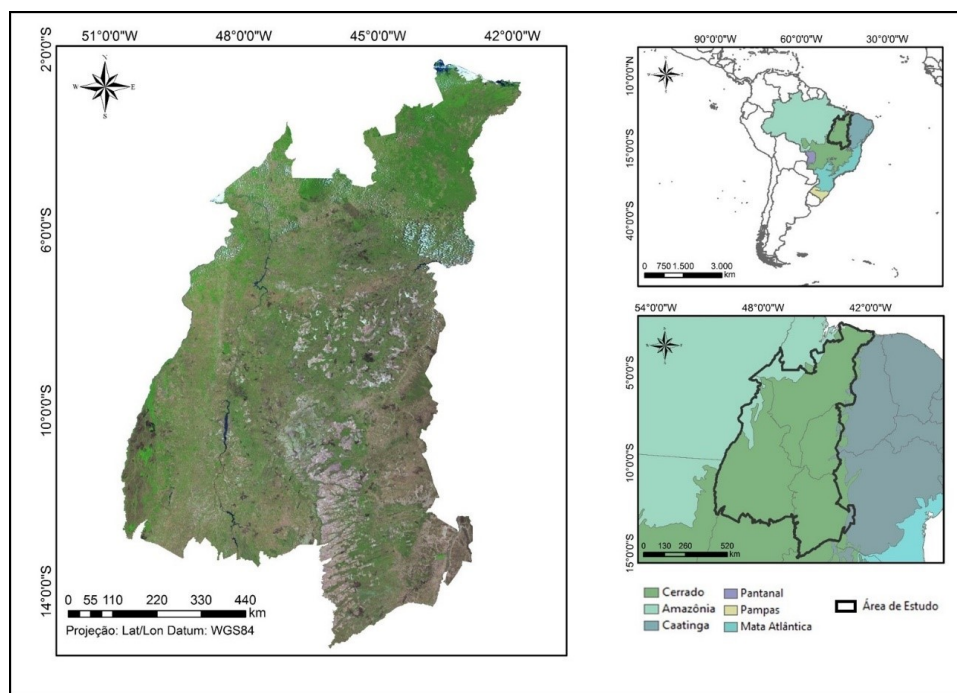


Figura 1: Localização da área de estudo.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Materiais utilizados

O sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) é o principal instrumento das plataformas Terra e Aqua, projetado para fornecer uma série de observações globais da superfície terrestre a cada dois dias (SOARES *et al.*, 2007). Possui 36 bandas espectrais no intervalo de 0,4  $\mu\text{m}$  a 14,4  $\mu\text{m}$  do espectro eletromagnético, sendo que duas bandas são adquiridas na resolução de 250 m, outras cinco bandas na resolução de 500 m e as demais 29 bandas em 1 km (LATORRE *et al.*, 2007; SOARES *et al.*, 2007).

As imagens do sensor MODIS utilizadas englobam os tiles H13V09 e H13V10, no qual estão inseridos os estados do Tocantins, Bahia, Piauí e Maranhão. Os produtos adquiridos foram: MOD09GA, que representam diariamente a reflectância espectral da superfície em 7 bandas com resolução espacial de 500 metros e MOD09GQ, que possui 2 bandas e resolução espacial de 250 metros, ambos produtos possuem resolução temporal de 1 dia. As imagens adquiridas consistiram nos meses de junho a novembro dos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015, e as imagens que apresentavam muitas nuvens foram descartadas.

Para a elaboração do mapa de Uso e Cobertura da Terra utilizou-se o produto MODIS *Land Cover Type* (MCD12Q1), que disponibiliza a classificação anual de uso e cobertura da terra (UCT) para a América do Sul a partir da classificação primária do *International Geosphere Biosphere Program* (IGBP) (BELWARD *et al.*, 1999). O MCD12Q1 possui resolução espacial de 500 m e disponibiliza a classificação do UCT a cada ano.

O *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) é uma missão conjunta entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dos Estados Unidos e a *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) do Japão. O TRMM tem como principal objetivo monitorar e medir a precipitação nos trópicos e o clima global, gerando diversos produtos de acordo com a combinação de instrumentos e algoritmos para a estimativa da precipitação, além disso, possui uma grande vantagem devido à sua alta resolução temporal, de 3 horas, e espacial, de 0.25°, cobrindo a faixa entre 50°S e 50°N (KUMMEROW *et al.*, 1998; COLLISCHONN *et al.*, 2007). Com finalidade de caracterizar o padrão sazonal da precipitação para os anos de 2012 a 2015 na área de estudo, os dados utilizados no trabalho foram extraídos do produto TRMM 3B43 na versão mais recente, denominada V7, lançada em 2012. O TRMM 3B43 é um conjunto combinado de dados de observação baseado em estações meteorológicas e estimativas da precipitação por satélite, e o padrão mensal é gerado após a realização de uma média dos dados do produto.

Para auxiliar na elaboração dos resultados finais foram utilizados alguns arquivos vetoriais no formato shapefile. Entre os arquivos utilizados, destacam-se: I) limite da região MATOPIBA, para a delimitação da área de estudo, obtido no endereço eletrônico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, [http://geoinfo.cnpm.embrapa.br/layers/geonode:limite\\_matopiba](http://geoinfo.cnpm.embrapa.br/layers/geonode:limite_matopiba)), II) municípios localizados dentro do limite do MATOPIBA, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (em [http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_top.php](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_top.php)), e III) Unidades Conservação e dos biomas brasileiros, disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, em <http://www.mma.gov.br>).

### 3.2 Procedimentos Metodológicos

Os produtos MOD09GA e MOD09GQ são disponibilizados em *Hierarchical Data Format* (HDF), portanto, após o download de todos os dados, foi utilizado o aplicativo *MODIS Reprojection Tool* (MRT) para converter e reprojeter os dados para GeoTIFF LAT/LON WGS-84. Após o pré-processamento, foi realizado os mosaicos dos 2 tiles que englobam a área de estudo e, posteriormente, foi gerado o recorte da área desejada, originando imagens com 7 bandas e 250 metros de resolução espacial. Todos os dados foram adquiridos de <http://e4ftl01.cr.usgs.gov/>.

Para facilitar a extração de atributos das imagens orbitais, foi utilizado o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) que representa a mistura espectral dos alvos em cada pixel. Nesta técnica, o espectro de um pixel misturado pode ser desagrupado, se decompondo em frações de componentes (*endmembers*), que são selecionados diretamente na imagem a partir de pixels que tenham assinatura espectral mais próxima da curva teórica esperada para alvos puros. Os *endmembers* utilizados referem-se às imagens fração solo, sombra e vegetação, conforme Equação 1

$$\rho_i = a * \text{vegi} + b * \text{soloi} + c * \text{sombrai} + e_i \quad (1)$$

sendo que,  $\rho_i$  representa a resposta da reflectância do pixel na banda  $i$ ;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  são as proporções de vegetação, solo e sombra, respectivamente;  $\text{vegi}$ ,  $\text{soloi}$ ,  $\text{sombrai}$  descrevem as respostas espectrais das componentes vegetação, solo e sombra; e  $e_i$  representa o erro para cada componente. Para as imagens MODIS foi utilizado a componente sombra, que realça os alvos que possuem alta absorção e baixa refletância representados pelas áreas queimadas. A extração dos *endmembers* foi realizada no programa ENVI e, em seguida, o MLME foi utilizado a partir de um script criado no *Interactive Data Language* (IDL), e aplicado nas imagens MODIS adquiridas.

Após a aplicação do MLME, todas as imagens fração sombra resultantes foram inseridas no programa SPRING 5.3 e foi realizada a segmentação em todas as imagens, sendo que os limiares utilizados foram 0.1 para a similaridade e 1.4 para a área. Posteriormente, realizou-se a edição topológica, na qual foram classificados os polígonos das áreas queimadas às suas respectivas classes e a última etapa consistiu na edição manual do mapeamento de áreas queimadas com a finalidade de corrigir eventuais erros de classificação.

Os dados de precipitação para os anos de 2012 a 2015 foram obtidos do produto 3B43 do satélite TRMM, adquiridos do endereço eletrônico da *Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center* (GESDISC/NASA, disponibilizados em: <https://mirador.gsfc.nasa.gov>). Depois de obtidos, os dados de médias mensais foram gerados no programa GrADS.

As áreas queimadas também foram analisadas em conjunto com o uso e cobertura da terra atual. Para isso, no aplicativo ArcGIS adicionou-se o mapa de uso e cobertura da terra adquirido do produto MCD12Q1, sendo originado o recorte do mapa para o limite da área de estudo. Posteriormente foi realizada a tabulação cruzada entre o mapa de uso e cobertura da terra com suas respectivas classes com os polígonos das áreas de queimadas para todos os anos. Por fim, foi calculada a porcentagem de área queimada que ocorreu em cada classe de uso.

Para determinar e espacializar as áreas queimadas nas Unidades de Conservação (UCs) e nos municípios presentes na área de estudo nos anos de 2012 a 2015, utilizou-se o ArcGIS 10.1. Neste programa, foi importado o *shapefile* das UCs fornecido pelo MMA e o dos municípios fornecido pelo IBGE (recortados para o limite da área de estudo). Por fim, realizou-se cruzamento entre as áreas queimadas mapeadas do sensor MODIS nos anos de 2012 a 2015 com os *shapefiles* das UCs e dos municípios a partir do processo denominado Joint para a geração dos resultados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

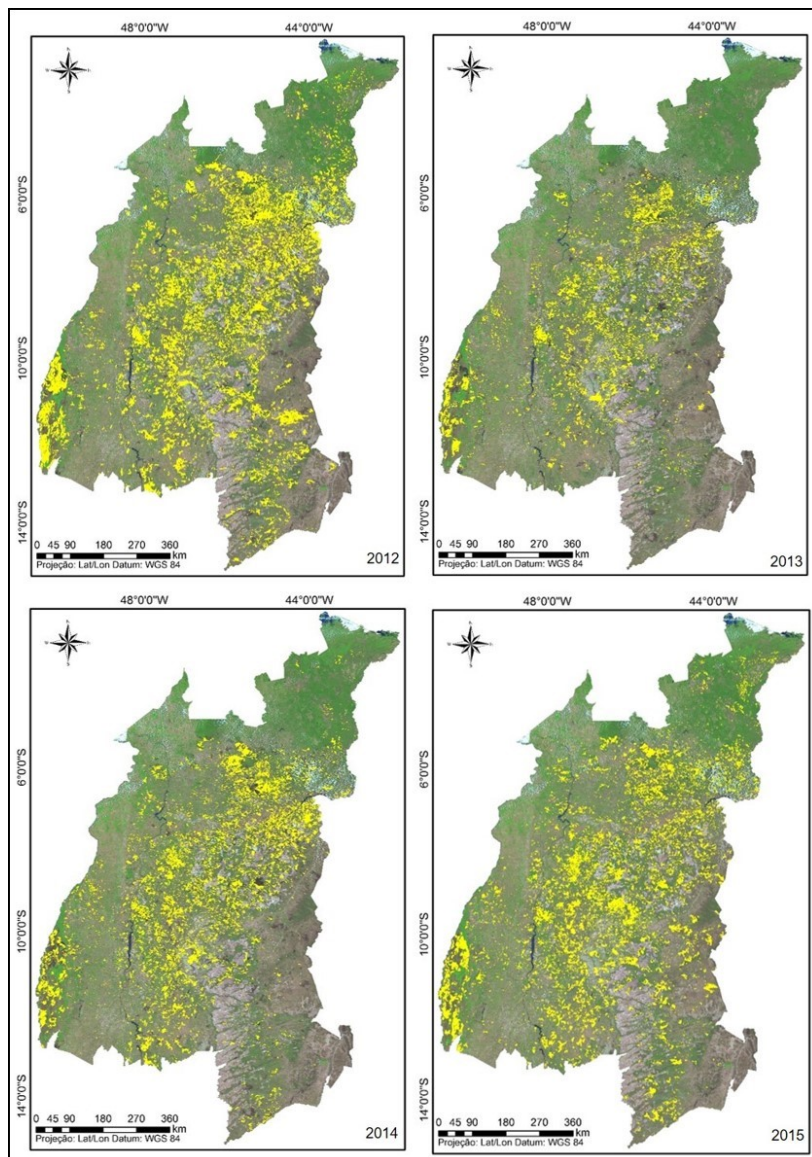
A **Figura 2** mostra o mapeamento das cicatrizes de queimadas que ocorreram na área de estudo para o período de 2012 a 2015. Percebe-se que as queimadas possuem grande variabilidade espacial, ocorrendo em todas as regiões da área estudada, embora ocorram com maior frequência em locais específicos. Observa-se que no ano de 2012 as queimadas ocorreram com maior frequência na porção sudeste, sudoeste, nordeste e na porção central da área estudada. Nos anos de 2013 e 2014 as queimadas foram mais frequentes principalmente na porção sudoeste e na porção central da área de estudo, e no ano de 2015 as regiões que apresentaram maior frequência de queimadas foram a sudoeste, nordeste e a porção central da área de estudo.

Em relação à área total anual queimada, os números mais expressivos são para os anos de 2012 e 2015. Assim, para o ano de 2012 a área queimada totalizou 115.768 km<sup>2</sup>, compreendendo 15,8% de toda a área. Para 2013, ano de menor ocorrência de queimadas, a área queimada foi de 52.151 km<sup>2</sup>, abrangendo 7,1% da área total. Em 2014 foram mapeados 74.688 km<sup>2</sup> de área queimada, que representa 10,2% de toda área e no ano de 2015 a área queimada foi de 93.300 km<sup>2</sup>, compreendendo 12,7% do total da área de estudo.

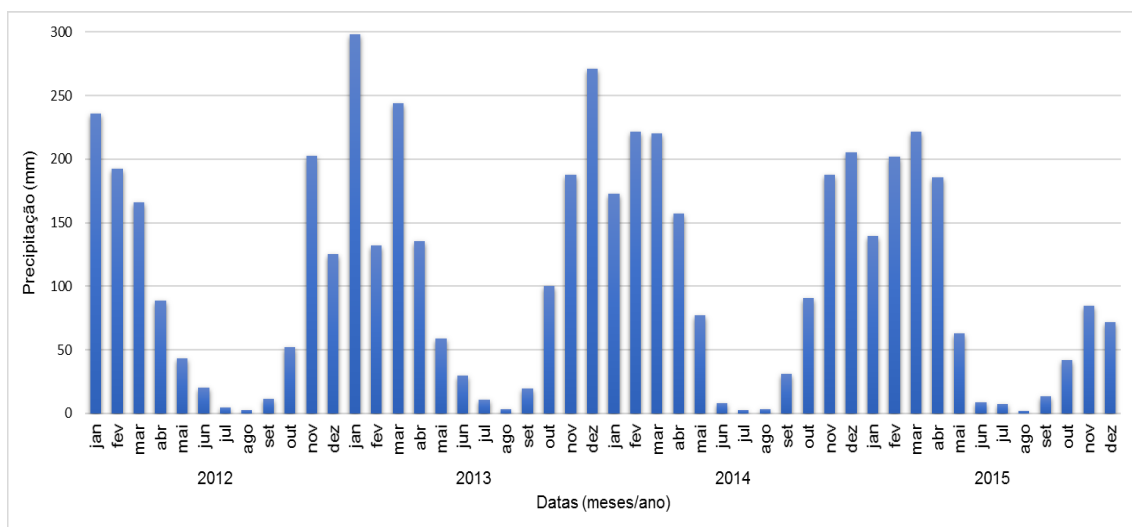
Na **Figura 3** está representada a variabilidade mensal dos índices de precipitações no período de 2012 a 2015 para a área de estudo. Para todos os anos observa-se grande variabilidade da precipitação mensal, alternando entre períodos com baixa taxa de precipitação, principalmente nos meses de junho a setembro que correspondem à estação seca do ano, com períodos de precipitações mais elevadas, principalmente entre os meses de novembro a março (época da estação chuvosa na área de estudo).

Visualiza-se que entre os quatro anos de análise, 2013 foi o ano que apresentou o maior volume acumulativo anual de precipitações, com 1.487mm, com destaque para os meses de janeiro, março e dezembro (298mm, 244mm e 217mm, respectivamente). O ano de 2014 obteve um volume acumulativo anual de 1378mm, sendo que os meses de fevereiro e março foram o que apresentaram maior volume de chuvas nesse ano (221mm e 220mm, respectivamente). O ano de 2012 apresentou um volume acumulativo anual de 1144mm, e apesar de não ter sido o ano como menor índice de precipitação acumulada, apresentou o mês de setembro como o mais seco entre todo o período estudado, com apenas 11mm. Tal fato, em conjunto com a baixa taxa de precipitação acumulada nos meses de junho e agosto, pode ter influenciado para que o ano de 2012 tenha apresentado a maior taxa de áreas queimadas.





**Figura 2:** Áreas queimadas (em amarelo) na porção nordeste do bioma Cerrado nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015. Imagem MOD09 do dia 18/09/2015, composição 1B2G6R.



**Figura 3:** Variabilidade mensal da precipitação nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015.

O ano de 2015 foi o mais seco do período analisado, com menor valor cumulativo de precipitações (1.041mm). É possível observar que no período entre agosto e dezembro o volume mensal de chuvas é muito inferior aos outros três anos que antecederam 2015. O mês de agosto deste mesmo ano foi o que obteve a menor taxa de precipitação para todo o período, com apenas 1,7mm. Entre os quatro anos analisados, 2012 e 2015 foram os que apresentaram menores taxas de precipitação, e também foram os anos que apresentaram as maiores ocorrências de áreas queimadas. Desta forma, nota-se que a distribuição das chuvas ao longo do ano influencia no número de áreas atingidas por queimadas, ou seja, a menor disponibilidade de chuvas torna a vegetação mais seca e suscetível ao fogo, aumentando a suscetibilidade para a ocorrência das queimadas.

Na **Figura 4** está representada a distribuição do Uso e Cobertura Da Terra (UCT) proveniente do produto MCD12 do sensor MODIS para a área de estudo. Nota-se que as classes mais expressivas são as Savanas, que se encontra distribuída em praticamente toda a área; a Savana Lenhosa, presente principalmente na região Leste; as Gramíneas, que estão presentes principalmente na porção sudoeste; a Floresta Ombrófila densa, presente na porção norte e a classe Predominância agrícola, mais frequente na porção central e sudeste da área de estudo.

De acordo com a **Figura 5**, observa-se que na área de estudo as áreas queimadas ocorrem com maior frequência em áreas de Savana, com 79,8% do total, sendo que 9,8% das queimadas ocorrem em áreas de Savana Lenhosa, 6,6% em áreas de gramíneas, 1,5% em áreas agrícolas, 0,8% em áreas de Floresta Ombrófila Densa e as áreas queimadas em outros usos somam apenas 1,3%.

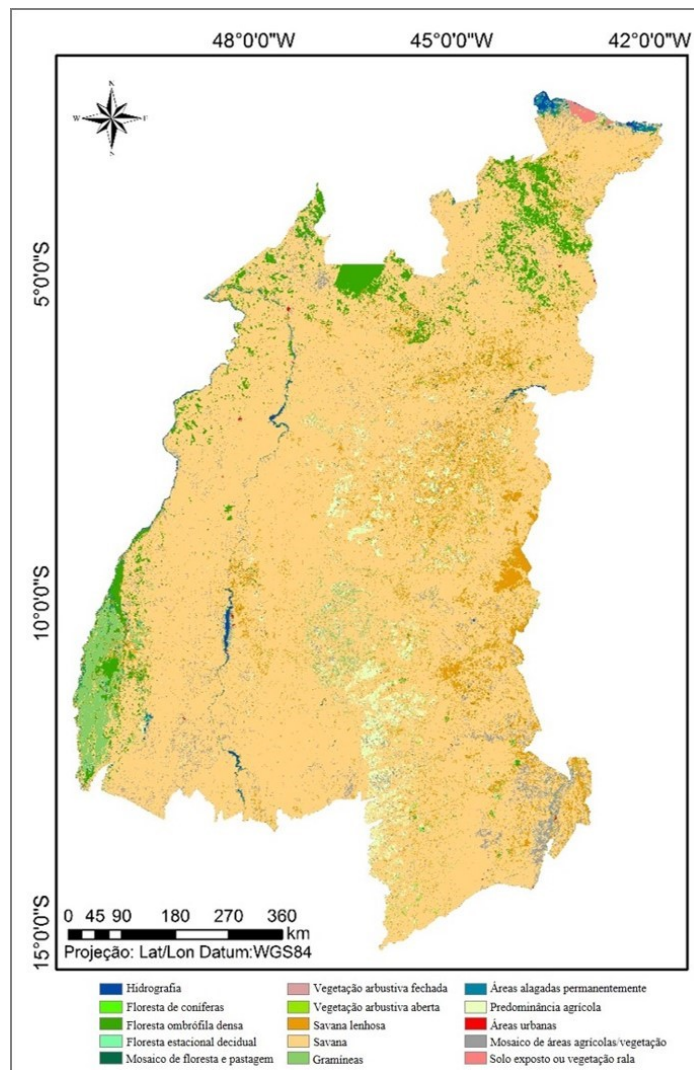
Entre as 15 classes de UCT identificadas na área de estudo, 96% das queimadas abrangem áreas de Savana, Savana Lenhosa e Gramíneas. Nesse sentido, acredita-se que a expansão da fronteira agrícola é a principal causa da ocorrência das queimadas nessa região do Bioma Cerrado, pois as queimadas são em grande maioria utilizadas pelos produtores de terra para a abertura de novas áreas agrícolas.

As Unidades de Conservação presentes na área de estudos são administradas por órgãos estaduais ou federais, sendo separadas em Parque de Proteção Integral, Parque Nacional, Reserva Extrativista, Área de Proteção Ambiental, Estação Ecológica, Floresta Nacional, Refúgio da Vida Silvestre e Monumento Natural. Na **Figura 6** pode ser visualizado o percentual de área queimada ocorrida em cada UC.

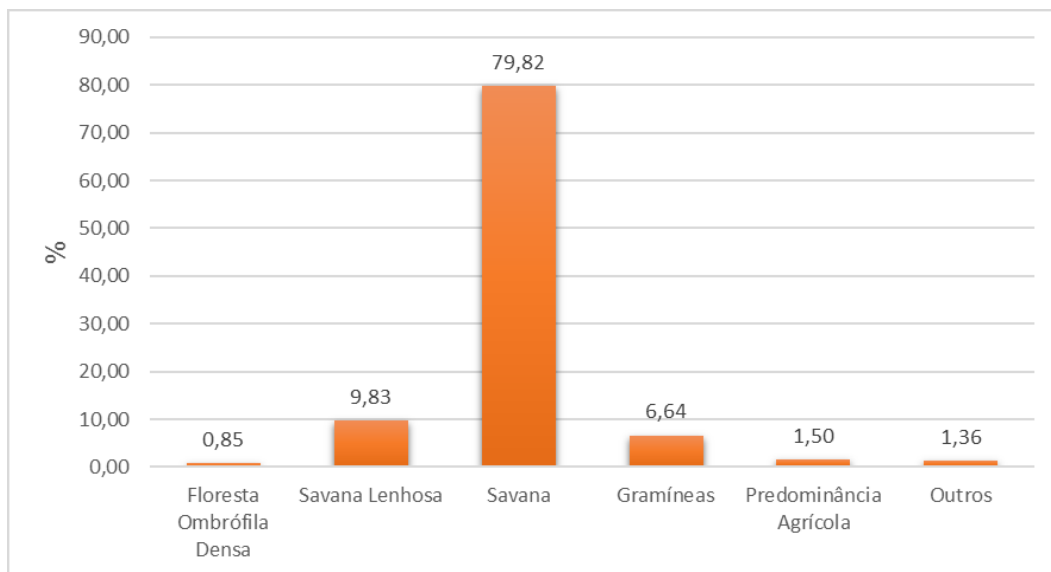
Entre as UCs mais afetadas por queimadas nos quatro anos analisados, a Estação Ecológica de Uruçuí-Una foi a que apresentou o maior percentual de queimadas. A UC está localizada no estado do Piauí e foi criada em 1981, tem como órgão administrador o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) órgão governamental de esfera federal, possui uma extensão territorial de 135 mil hectares e teve 54% de sua área afetada por queimadas no ano de 2012, 18% em 2013, 31% em 2014 e 43% em 2015.

O Parque Nacional do Araguaia, criado em 1959, está localizado no Sudoeste do Tocantins, possui extensão de 562 mil hectares e também apresentou um percentual elevado de áreas atingidas por queimadas. Os anos de 2012 e 2015 apresentaram os maiores valores, com 43% e 39% de áreas queimadas, respectivamente. Em 2013, 17% das áreas do Parque foram queimadas e em 2014 queimou 25% da área total.

Criado recentemente em 2002, o Parque Nacional Nascentes do Rio Parnaíba possui uma extensão de 724 mil hectares e está localizado na divisa dos Estados do Piauí, Maranhão, Tocantins e Bahia. Observa-se que no entorno da UC ocorre uma grande quantidade de áreas agrícolas, o que possivelmente torna a unidade mais vulnerável à ocorrência de queimadas. Em relação ao percentual de áreas queimadas, ocorreram 22% no ano de 2012, 23% em 2013, 21% em 2014 e em 2015 a área queimada ocorre em 30% da área total do Parque.

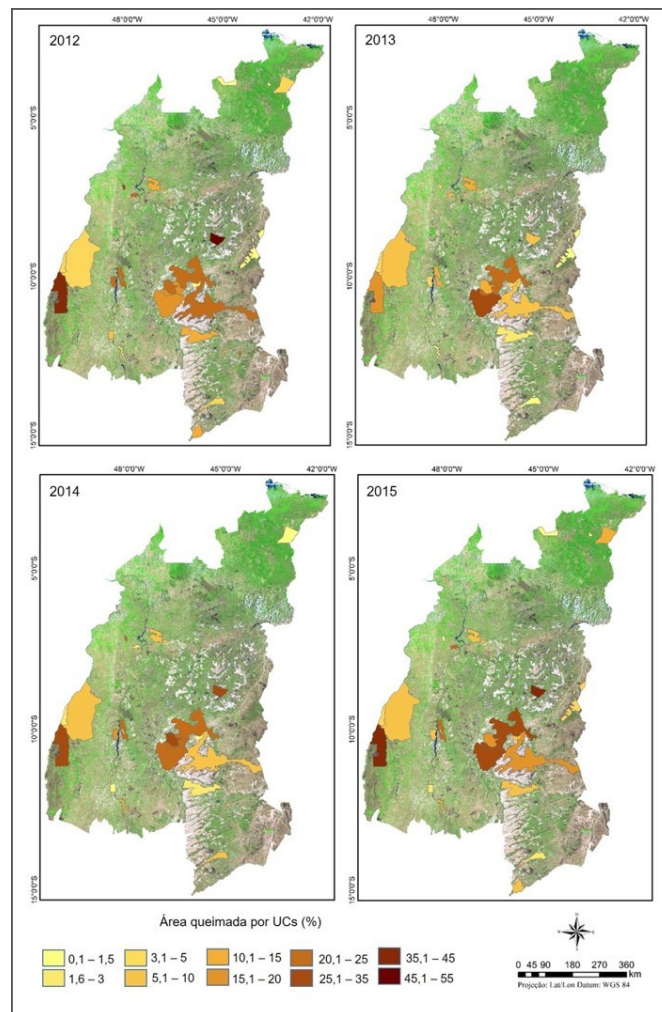


**Figura 4:** Mapa do uso e cobertura da terra do produto MCD12 referente à porção nordeste do bioma Cerrado.



**Figura 5:** Percentual de área queimada nos anos de 2012 a 2015 para as classes de uso e cobertura da terra presente na porção nordeste do bioma Cerrado.



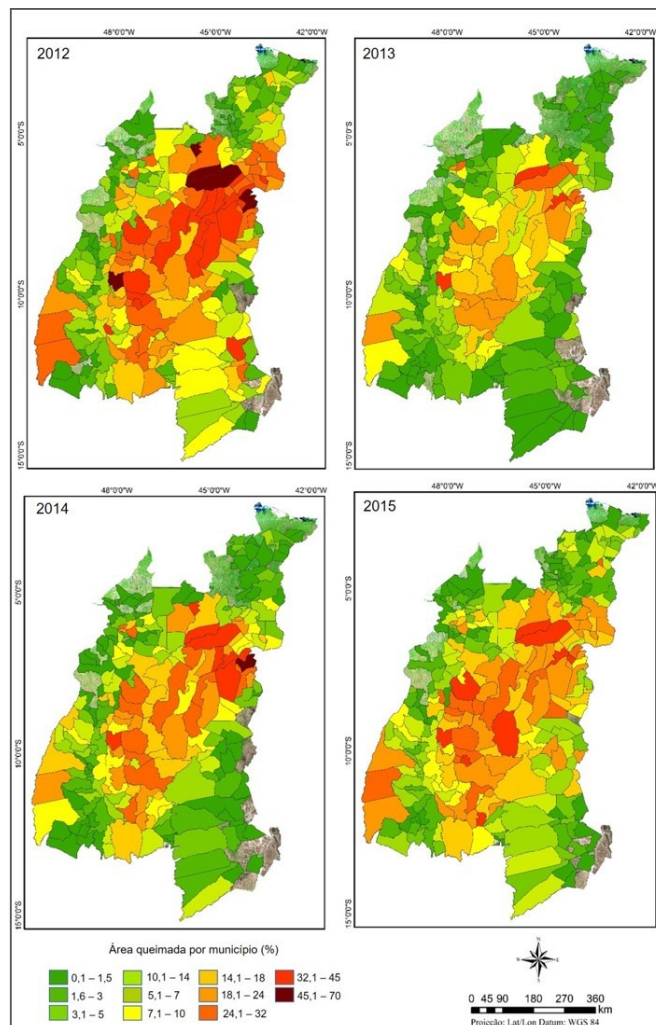


**Figura 6:** Percentual de área queimada em Unidades de Conservação localizadas na porção nordeste do bioma Cerrado para os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015.

O Parque Nacional Serra das Confusões, criado em 1998, possui partes das suas terras sobre domínio do bioma Cerrado e partes sobre domínio da Caatinga. A UC está localizada no estado do Piauí e destaca-se pelo baixo percentual de áreas queimadas. A área sobre domínio do Cerrado, para os quatro anos de análise, apresentou um número de queimadas pouco expressivo em relação às outras UCs presentes na área de estudo, para os anos de 2012, 2013 e 2014 foi queimado menos de 1% de área e no ano de 2015 queimou-se 4% da área total do Parque.

As Unidades de Conservação desempenham um papel importante para a preservação da biodiversidade do Cerrado, mas as inúmeras queimadas que afetam as UCs anualmente acabam dificultando a preservação de suas áreas. Destaca-se que a UC que teve o menor percentual de áreas queimadas, o Parque Nacional Serra das Confusões, possui plano de manejo. Quanto às UCs que apresentaram maior percentual de áreas queimadas, apenas o Parque Nacional do Araguaia possui o plano de manejo. Nesse sentido, atenta-se para a importância da criação de planos de manejo para todas as UCs, seja ela de esfera municipal, estadual ou federal, tendo em vista que o plano de manejo estabelece normas e restrições que visam minimizar os impactos negativos que afetam às UCs, fundamental para que a implementação se torne eficiente.

Na **Figura 7** está representado o percentual de área queimada por município. Ao analisar os mapas anuais, infere-se que a maioria dos municípios que possuem maior área queimada no ano de 2012 também são recorrentes nos outros três anos, com destaque para os municípios de Tocantínia (TO), Fernando Falcão (MA), Benedito Leite (MA), Marcos Parente (PI), Landri Sales (PI), Mirador (MA), Antônio Almeida (PI) e Porto Alegre do Piauí (PI), apresentando o maior percentual de área queimada em todos os quatro anos analisados.



**Figura 7:** Percentual de área queimada para cada município localizado na porção nordeste do bioma Cerrado nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015.

Os municípios de Marcos Parente e Landri Sales no Piauí possuem uma extensão territorial de 750,33 km<sup>2</sup> e 1.089 km<sup>2</sup>, respectivamente, e apresentaram em 2012 e 2014 uma grande quantidade de áreas queimadas. No município de Marcos Parente no ano de 2012 o percentual queimado foi de 72% e em 2014 foi de 47%. Landri Sales apresentou um percentual de área queimada em 2012 de 48% e 49% em 2014, ou seja, praticamente metade da extensão desses dois municípios foram afetados por queimadas nesses dois anos. Nos outros anos, o percentual de área queimada foi menor, 14% em 2013 e 15% em 2015 de área queimada no município de Landri Sales, e de 25% em 2013 e 27% em 2015 no município de Marcos Parente.

No estado do Maranhão três municípios se destacaram com o maior percentual de áreas queimadas. Benedito Leite, localizado na região sul do estado, possui uma área territorial de 1.782 km<sup>2</sup> e teve 39% de sua área queimada nos anos de 2012 e 2013, em 2014 apresentou 32% e em 2015 a quantidade de área queimada foi de 41%. Fernando Falcão, município localizado na região central do estado, possui área de 5.087 km<sup>2</sup>, e no ano de 2012 foi queimado 58% da sua área, 2013 e 2014 queimou 33% de área e em 2015 a área foi atingida por queimadas em 36%. Outro município que teve grande percentual de áreas queimadas foi Mirador, localizado na região leste do estado, possuindo a maior extensão territorial entre os municípios já apresentados, com 8.521 km<sup>2</sup>, sendo que 58% da sua área foi queimada em 2012, 28% em 2013, 32% em 2014 e em 2015 a área queimada foi de 40%

Os municípios que apresentaram maior quantidade de áreas queimadas estão localizados na região central da área de estudo, principalmente nos estados do Piauí e do Maranhão, e nota-se que o percentual de áreas queimadas é elevado para quase todos os municípios localizados nesta região. Este fato pode ser relacionado com o avanço da expansão da fronteira agrícola para áreas ainda não convertidas, sendo que o fogo é uma técnica muito utilizada pelos proprietários de terras para a abertura de novas áreas agricultáveis, além de limpar o terreno do emaranhado de troncos e galhos derrubados, esse método é mais barato do que investir em máquinas pesadas para esse tipo de limpeza (NEPSTAD, 1999).

## 5. CONCLUSÕES

O Cerrado brasileiro tornou-se uma das regiões mais ameaçadas do mundo, grande parte das suas áreas estão destinadas à expansão do agronegócio. Mas a abertura de novas áreas agrícolas pode acarretar em grandes impactos negativos para a biodiversidade do bioma, como a eliminação da fauna e flora e a degradação dos solos e dos mananciais hídricos, tendo em vista que a queimada muitas vezes é a primeira alternativa do agricultor para a eliminação da vegetação natural em áreas ainda não convertidas.

Percebe-se que as queimadas continuam a serem muito utilizadas pelos agricultores, pois em todos os anos analisados atingiram grande extensão na região de estudo. O ano de 2012 foi o que apresentou maior ocorrência de queimadas, seguido por 2015 e por 2014, sendo que o menor número de queimadas ocorreu no ano de 2013. Tal fato pode ser correlacionado com os índices de precipitação, já que o ano de 2013 foi o que apresentou maior volume acumulativo anual de chuvas e os anos mais secos foram 2012 e 2015. Nesse sentido, nota-se que em anos que possuem menores volumes de precipitações a ocorrência de áreas atingidas por queimadas tornam-se mais frequentes, bem como os impactos ao meio ambiente.

Nota-se que mesmo nas áreas localizadas dentro dos limites das Unidades de Conservação, que têm como prioridade a preservação da biodiversidade do bioma, ocorrem grande quantidade de queimadas, sendo que nos anos mais secos (2012 e 2015) do período analisado, algumas UCs apresentaram quase metade da totalidade de suas áreas atingidas por queimadas. Este fato demonstra que mesmo se tratando de áreas protegidas por órgão governamentais, estas unidades não estão livres dos impactos ambientais que as queimadas podem ocasionar.

O conjunto de dados e reflexões apresentados ao logo do presente texto permite inferir que a porção nordeste do bioma Cerrado encontra-se em profundas mudanças, principalmente devido à expansão agrícola que propicia a degradação de extensas áreas do bioma. Mesmo com a modernização da agricultura nas últimas décadas, que utiliza insumos e maquinários modernos, as queimadas continuam muito frequentes nesta região, já que para muitos agricultores, utilizar o fogo para limpeza do terreno ou para renovação da pastagem é a forma mais rápida e barata que eles possuem.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.
- ALEXANDER, Peter *et al.* Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy. **Global Environmental Change**, [s.l.]. v. 35, p.138-147, 2015.
- BATISTA, A. C. **Detecção de Incêndios Florestais por Satélites**. *Floresta*, v. 34, n. 2, p. 237 - 241, 2004.
- BELWARD, A. S.; ESTES, J. E.; KILNE, K. D. The IGBP-DIS global 1- km landcover data set DISCover: a project overview. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 65, 1013 – 1020, 1999.
- BERGERON, Y.; GAUTHIER, S.; KAFKA, V.; LEFORT, P.; LESIEUR, D. **Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest**: Consequences for sustainable forestry. *Can. J. For. Res.* 2001, p. 384–391.

- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. **Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior**. Revista Brasileira de Cartografia, v.59, p.93-99, 2007.
- DINIZ, B. P. C. **O Grande Cerrado do Brasil Central: geopolítica e economia**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2006.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical review**. v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- FERREIRA, M. E.; FERREIRA Jr., L.G.; SOARES, B.; MIZIARA, F. Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for conservation. **Journal of Land Use Science**, v. 7, p. 1-19, 2012.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.
- KUMMEROW, C., BARNES, W., KOZU, T., SHIUE, J., & SIMPSON, J. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 15, n. 3, p. 809-817, 1998.
- LATORRE, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O. Sensor MODIS: Produtos para ecossistemas terrestres - MODLAND In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Ed.) **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. Arêntese, 2007. p. 23-35.
- LAUK, C.; ERB, K. H. Biomass consumed in anthropogenic vegetation fires: Global patterns and processes. **Ecological Economics**, v.69, n.2, p. 301-309, 2009.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C.; SALAZAR, L. F. Regional climate change cenarios in South America in the Late XXI Century: projections and expected impacts. **Nova Acta**. p. 251-265, 2010.
- NEPSTAD, D. C.; MOREIRA A. ALENCAR, A. A. **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais no Brasil, Brasília, Brasil. 1999.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.
- 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**. Revista Acta Amazonica. Vol. 38 (1), 2008. pg. 77 – 84.
- 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.
- RATTER, J.A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and thereats to its biodiversity. **Annals of Botany**, London, v.80. p.223-235, 1996.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: Ambiente e Flora**, p. 87-166. Planaltina: EMBRAPA CPAC, 2008.
- RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. Cambridge University Press, 1976. 451 p.
- SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 69-88, 2008.
- SOARES, J. V.; BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensor MODIS: Histórico e Descrição In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Ed.) **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. Arêntese, 2007. p. 03-22.