



**PANTANAL:
O ESPAÇO GEOGRÁFICO
E AS TECNOLOGIAS
EM ANÁLISE**

**Alan Mario Zuffo
(Organizador)**

Atena
Editora
Ano 2019

Alan Mario Zuffo
(Organizador)

Pantanal: O Espaço Geográfico e as Tecnologias em Análise

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P197 Pantanal [recurso eletrônico] : o espaço geográfico e as tecnologias em análise / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-222-7

DOI 10.22533/at.ed.227192903

1. Biodiversidade. 2. Ecossistemas – Brasil. 3. Pantanal. I. Zuffo, Alan Mario.

CDD 577.0981

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pantanal O Espaço Geográfico e as Tecnologias em Análises” aborda uma série de capítulos de publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 16 capítulos, conhecimentos tecnológicos do pantanal e suas especificidades.

As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas, dentre eles, o bioma pantanal. Tal bioma, tem característica peculiares, alimentares, culturais, edafoclimáticas, étnicos, entre outros. O bioma pantanal por ser rico em diversidades biológicas, a preservação é necessária para o equilíbrio do meio ambiente.

Vários são os desafios para a conservação do bioma pantanal, entre eles, destacam-se as queimadas e incêndios florestais, o monitoramento da qualidade das águas, o levantamento da distribuição das espécies arbóreas, dentre outras. Portanto, o conhecimento do espaço geográfico e as tecnologias de análise são importantes para garantir a conservação do bioma pantanal.

Este livro traz artigos alinhados com o bioma pantanal e suas especificidades. As transformações tecnológicas desse bioma são possíveis devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para o bioma do pantanal, assim, garantir perspectivas de solução para o desenvolvimento local e regional para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE INCÊNDIO NO PANTANAL (2000-2016)	
<i>Wagner Tolone da Silva Ferreira</i> <i>Leticia Larcher de Carvalho</i> <i>Ângelo Paccelli Cipriano Rabelo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2271929031	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE ESPACIALMENTE EXPLÍCITA DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO BIOMA PANTANAL	
<i>Nickolas Mendes de Matos</i> <i>Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi</i> <i>Fabrcio Assis Leal</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2271929032	
CAPÍTULO 3	24
ANÁLISE QUANTI-QUALITATIVA DOS CASOS DE DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL NOS ANOS DE 2015 E 2016	
<i>Adriana Bilar Chaquime dos Santos</i> <i>Orlando Moreira Junior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2271929033	
CAPÍTULO 4	35
APLICAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERMELHO - GOIÁS	
<i>Victor Tomaz de Oliveira</i> <i>Wellington Nunes de Oliveira</i> <i>Emanoelle Pereira da Silva</i> <i>Elaine Jacob da Silva Carmo</i> <i>Kharen de Araújo Teixeira</i> <i>Hugo José Ribeiro</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2271929034	
CAPÍTULO 5	46
ASPECTOS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE VERMELHO – MT AFLUENTE DO RIO PARAGUAI SUPERIOR	
<i>Jéssica Ramos de Oliveira</i> <i>Carine Schmitt Gregolin</i> <i>Martins Toledo de Melo</i> <i>Tadeu Miranda de Queiroz</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2271929035	
CAPÍTULO 6	59
BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI POR MEIO DE DADOS TRMM E MOD16A2	
<i>Hudson de Azevedo Macedo</i> <i>José Cândido Stevaux</i>	

Ivan Bergier

Aguinaldo Silva

DOI 10.22533/at.ed.22712903686

CAPÍTULO 7 71

CARTA HIPSOMÉTRICA DO PERÍMETRO URBANO DA CIDADE DE MACAPÁ-AP
UTILIZANDO MODELOS DE ELEVAÇÃO DO TOPODATA E O LAF

Herondino dos Santos Filho

Marcelo José de Oliveira

Darren Norris

DOI 10.22533/at.ed.2271929037

CAPÍTULO 8 83

DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE NÚMERO DE DEFLÚVIO (CN) PARA O
PERÍMETRO URBANO DE DOURADOS-MS

Vinícius Silva Rezende

Vinícius de Oliveira Ribeiro

Yani Scatolin Mendes

DOI 10.22533/at.ed.2271929038

CAPÍTULO 9 94

DISTRIBUIÇÃO DA PLUVIOMETRIA, NDVI E UMIDADE DO SOLO NOS BIOMAS
BRASILEIROS

Hugo José Ribeiro

Nilson Clementino Ferreira

Wellington Nunes Oliveira

Victor Tomaz de Oliveira

Kátia Alcione Kopp

DOI 10.22533/at.ed.2271929039

CAPÍTULO 10 107

ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA DO SEQUESTRO DE CARBONO EM VEGETAÇÃO
NATURAL DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, USANDO DADOS DE IMAGENS
CBERS-4 EM JARDIM – MS

Adelsom Soares Filho

Maycon Jorge Ulisses Saraiva Farinha

Luciana Virginia Mario Bernardo

Clandio Favarini Ruviaro

DOI 10.22533/at.ed.22719290310

CAPÍTULO 11 119

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: O
CASO DO SEMIÁRIDO NORDESTINO E DO PANTANAL

Rafael Wendell Barros Forte da Silva

Dálete Maria Lima de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.22719290311

CAPÍTULO 12 131

IMPACTOS CLIMÁTICOS DAS EMISSÕES ASSOCIADAS ÀS QUEIMADAS NO

MUNICÍPIO DE CÁCERES-MT

Verônica Martinez de Oliveira Raymundi

Thales Ernildo de Lima

Alfredo Zenen Domínguez González

DOI 10.22533/at.ed.22719290312

CAPÍTULO 13 140

MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DE DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS DO PANTANAL
COM PACOTES CLIMÁTICOS DO QUATERNÁRIO

Mariele Ramona Torgeski

Kelvin Felix Barbosa

Alan Sciamarelli

DOI 10.22533/at.ed.22719290313

CAPÍTULO 14 151

PROPOSTA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO
CUIABÁ, COM O USO DE PROCESSOS ESTATÍSTICOS E DE GEOTECNOLOGIA,
PREVENDO POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS À REGIÃO DO PANTANAL

Claudionor Alves da Santa Rosa

DOI 10.22533/at.ed.22719290314

CAPÍTULO 15 164

RELAÇÃO SÓLIDOS/TURBIDEZ NO RIO GRANDE VERMELHO - MT: AFLUENTE
DO RIO PARAGUAI NA CABECEIRA DO PANTANAL

Jéssica Ramos de Oliveira

Tadeu Miranda de Queiroz

DOI 10.22533/at.ed.22719290315

CAPÍTULO 16 176

USO DE SENSORES REMOTOS PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE AMOSTRAGEM
EM CAMPO PARA ANÁLISE DA MORFOLOGIA DO RELEVO NO PANTANAL DA
NHECOLÂNDIA

Frederico dos Santos Gradella

Paola Vicentini Boni

Amanda Moreira Braz

Hermiliano Felipe Decco

DOI 10.22533/at.ed.22719290316

SOBRE O ORGANIZADOR..... 187

ANÁLISE ESPACIALMENTE EXPLÍCITA DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO BIOMA PANTANAL

Nickolas Mendes de Matos

Universidade de Brasília – UnB

Campus Darcy Ribeiro, Departamento de
Engenharia Florestal

CEP 70910-900 – Brasília – DF, Brasil

nickolas.matos@gmail.com

Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Universidade de Brasília – UnB

Campus Darcy Ribeiro, Departamento de
Engenharia Florestal

CEP 70910-900 – Brasília – DF, Brasil

ematricardi@gmail.com

Fabrcio Assis Leal

Universidade de Brasília – UnB

Campus Darcy Ribeiro, Departamento de
Engenharia Florestal

CEP 70910-900 – Brasília – DF, Brasil

fabrcioassisleall@gmail.com

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi analisar a dinâmica espacial e temporal das áreas queimadas ocorridas no bioma Pantanal no período de 2003 a 2013. Para isso foram utilizados dados do satélite MODIS, produto MCD45A1, os quais contém informações mensais sobre áreas queimadas em escala global. Para a análise dos principais fatores ambientais e socioeconômicos que influenciam a ocorrência dos incêndios florestais, utilizou-se o modelo probabilístico Probit. Segundo o modelo Probit, as variáveis

que afetaram significativamente a ocorrência dos incêndios na área de estudo, à 95% de probabilidade, foram: precipitação, proximidade de áreas antrópicas, proximidade de rodovias, altitude, latitude, longitude e latitude versus longitude. A ocorrência de incêndios florestais foi significativamente superior dentro de Unidades de Conservação, em áreas de cerrado sensu stricto, savana-estépica e áreas de transição. Os incêndios também ocorreram de forma significativa em 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011 e 2012, comparados com os incêndios ocorridos em 2003. Com base nos resultados deste estudo, é possível definir prioridades de ações de prevenção e combate aos incêndios florestais, com o objetivo de mitigar os impactos causados pela ocorrência do fogo no bioma Pantanal.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, Incêndios florestais, MODIS MCD45A1, Probit model, Pantanal.

ABSTRACT: Abstract. The general objective of the present study was to analyze the spatial and temporal dynamics of the burned areas occurred in the Pantanal biome from 2003 to 2013. For this purpose, data were used from the MODIS satellite product, MCD45A1, which contains monthly information on areas burned on a global scale. For the analysis of the main environmental and socioeconomic factors

that influence the occurrence of forest fires, we used the probabilistic model Probit. According to the Probit model, precipitation, proximity of anthropic areas, proximity to highways, altitude, latitude, longitude and latitude versus longitude were the variables that significantly affected the occurrence of fires in the study area. The occurrence of forest fires was significantly higher inside Conservation Units, in areas of cerrado sensu stricto, savana-steep and areas of transition. Fires also occurred significantly in 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011 and 2012 compared to fires in 2003. Based on the results of this study, it's possible to define priorities for actions to prevent and combat forest fires, with the objective of mitigating the impacts caused by the occurrence of fire in the Pantanal biome.

KEYWORDS: remote sensing, forest fires, MODIS MCD45A1, Probit model, Pantanal.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, a ocorrência de incêndios florestais é uma realidade, o que tem causado sérios danos ambientais e econômicos. Neste sentido, é necessário que se estabeleçam políticas de prevenção e combate aos incêndios florestais. No entanto, para se chegar a esse estágio é preciso saber onde, quando e porque ocorrem os incêndios, pois a falta de informações sobre incêndios pode levar a gastos muito altos em proteção ou gastos muito pequenos (Soares e Batista, 2007).

O calor liberado pelo fogo causa danos significativos ao solo, incluindo a diminuição dos nutrientes e da matéria orgânica, em decorrência do aumento da temperatura do solo (Coutinho, 1980), o aumento da erosão e mudança das características físicas e químicas (Soares e Batista, 2007). A queima da biomassa vegetal é uma das principais fontes responsáveis pelo lançamento de gases e partículas aerossóis, com influência significativa na química da atmosfera, nas propriedades das nuvens e no saldo da radiação (Kaufman et al., 1998; Grégorie et al., 2003). Além do mais, o excesso de queimadas pode causar impactos na estrutura e composição da vegetação, bem como impactos direto e indiretos na fauna local.

Além disso, o fogo sempre foi bastante utilizado na agricultura para limpeza de áreas, remoção de espécies indesejadas e renovação de pastagens. Entretanto, o fogo, quando não manejado adequadamente, pode causar grandes incêndios em áreas de vegetação nativa. Desta forma, aliado ao padrão de ocupação territorial desordenado, na busca de novas fronteiras agrícolas, o uso indiscriminado do fogo tem contribuído para a ocorrência de grandes incêndios, provocando danos irreparáveis ao meio ambiente, à propriedade e à vida humana (Nunes, 2005).

Existem diversos métodos de detecção de incêndio, como por exemplo, sistemas de vigilância móvel, sistemas de vigilância fixa, entre outros. Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto vem ganhando espaço como técnica que auxilia na detecção mais eficiente de incêndios e de focos de calor, permitindo, desta forma, ações mais

rápidas e auxiliando na tomada de decisão (Oliveira, 2006).

As causas, ou fontes de ignição dos incêndios florestais são muito variáveis e podem ser divididas em dois grupos: naturais (incêndios gerados direta ou indiretamente por raios – única causa natural considerada) ou antrópicas (queimadas para limpeza de terreno, fumantes, incendiários, etc.). De acordo com Nunes (2005), o risco da ocorrência de incêndios está relacionado a agentes causadores, enquanto o perigo está relacionado as causas que aumentam ou diminuem a probabilidade de ocorrência. Segundo o autor, é importante explorar os fatores que determinam o risco e o perigo de incêndios florestais.

Além de se conhecer os riscos e perigos associados aos incêndios florestais, é importante conhecer a vulnerabilidade da região em função do histórico de incêndios, das características socioeconômicas e dos principais fatores que possam gerar e afetar o comportamento do fogo (clima, condições do combustível, relevo, ignição, etc.). Diversos trabalhos têm aplicado modelos estatísticos para simular e entender a influência de fatores ambientais e socioeconômicos na ocorrência de incêndios florestais (Arima et al., 2007; Chomitz e Gray, 1996; Matricardi, 2013; Matricardi, 2007; Tatagiba, 2010). Esses modelos também permitem realizar simulações espaciais para prever o potencial de impacto de mudanças de políticas públicas e uso da terra sobre a ocorrência de incêndios e desmatamento.

2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a significância dos fatores que exercem influência na ocorrência e propagação do fogo no bioma Pantanal (Matos e Leal, 2014) utilizando dados do satélite MODIS (produto MCD45A1) e o modelo probabilístico Probit numa análise espacialmente explícita.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao bioma Pantanal que cobre aproximadamente 150.355 Km² (IBGE, 2004) e está localizado entre os paralelos 15° e 22° de longitude sul e entre os meridianos 55° e 59° de longitude oeste. Considerada a maior planície inundável do mundo e contém uma importante riqueza de diversidade biológica terrestre e aquática. Os ecossistemas que o bioma abriga são extremamente frágeis e estão sob a ameaça das novas tendências de desenvolvimento econômico e de construção de infraestrutura (SFB, 2014).

O modelo linear probabilístico, chamado *Probit*, descreve o comportamento da variável dependente dicotômica em termos de uma regressão linear sobre variáveis explicativas não-aleatórias contidas em um vetor (Baumann e Carneiro, 2002), através

de uma função de distribuição acumulada normal (Gujarati e Porter, 2011). Em muitos casos, a informação relevante pode ser capturada pela definição de uma variável binária (chamadas de variáveis *dummy*), isto é, uma variável que possa ser representada por zero ou um (Wooldridge, 2010).

Para a construção do modelo probabilístico, assumiu-se que três principais fatores podem aumentar a probabilidade de ocorrência de incêndios florestais, a saber: condições ambientais (topográficas e climáticas), fontes de ignição e tipo de cobertura vegetal.

As variáveis quantitativas incluídas no modelo para representar as condições topográficas da área de estudo foram a declividade do terreno, a altitude e o azimute de orientação das encostas. Uma vez que, a topografia exerce grande influência sobre o clima, a vegetação e, conseqüentemente, sobre o material combustível.

O mapeamento de áreas queimadas no bioma Pantanal utilizado no presente trabalho foi adquirido por meio do produto MODIS MCD45A1, entre 2003 e 2013, o qual foi devidamente validado (Matos e Leal, 2014). A Figura 1 ilustra as cenas (h12v10 e h12v11) do satélite MODIS utilizadas para o mapeamento das áreas queimadas.



Figura 1: Cenas do sensor MODIS utilizadas no estudo dos incêndios no bioma Pantanal entre 2003 e 2013.

Assumindo que a maior parte das ocorrências do fogo no bioma Pantanal ocorrem no período de seco do ano (maio a setembro), utilizou-se a precipitação média (mm) do referido período como variável quantitativa para representar as condições climáticas

na modelagem. Nesta análise foi considerado a distribuição estacional das chuvas e não apenas a quantidade de chuva que cai em um determinado local (Batista, 2000).

Foram incluídas no modelo as variáveis quantitativas: distância euclidiana de atividades agropecuárias (Km), segundo o mapeamento do PROBIO, e distância euclidiana de rodovias (Km) derivadas de dados do DNIT (2015).

Para averiguar se a ocorrência das áreas queimadas no Pantanal sofre alguma influência espacial em relação aos sentidos latitudes, longitudes e diagonal (latitude x longitude), foram criadas também variáveis quantitativas referentes as coordenadas UTM em metros.

Diversos aspectos relacionados ao comportamento do fogo variam em função do tipo de cobertura vegetal (Batista, 2000). Neste sentido, para representar os diferentes graus de vulnerabilidade da vegetação (Arima et al., 2007), incluiu-se no modelo as variáveis *dummy* correspondentes ao tipo de vegetação: (1) Cerrado, (2) Chaco, (3) Floresta, (4) Formação pioneira e (5) Área de tensão ecológica ou Contatos florísticos.

Foi criada uma variável *dummy* para representar a situação das unidades de conservação, pois espera-se que ocorram menos incêndios dentro de suas fronteiras territoriais (Matricardi, 2007). Criou-se também uma variável *dummy* para representar as possíveis variações das políticas de prevenção e combate aos incêndios a nível estadual. Segundo Arima et al. (2007), as diferenças nas políticas de Estados, destinadas a fiscalização ambiental, prevenção e combate ao fogo, podem afetar a probabilidade de ocorrência em uma dada região. Assim, considerou-se no modelo os estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, que englobam o bioma Pantanal.

Para coletar os dados de cada ponto amostral, foi realizada uma amostragem sistemática-aleatória, a qual contribui para reduzir os efeitos da coincidência entre os padrões espaciais da paisagem e dos pontos amostrais (Burrough, 1998). O procedimento de sistematização foi utilizado para reduzir os efeitos de autocorrelação espacial na base de dados (Anselin, 2002; Arima et al., 2007).

Primeiramente, criou-se uma grade regular de 5 x 5 Km sobre a área de estudo. Em seguida, foram gerados pontos aleatórios dentro de cada grade ($n = 6.431$), porém, como a análise foi repetida também para cada ano, no total foram 70.752 pontos amostrais. Assim, o valor de cada pixel foi utilizado como unidade de observação e os valores da base de dados (variáveis independentes) foram coletados para cada ponto amostral alocado.

Para o desenvolvimento do modelo proposto deste trabalho, foi utilizado o software estatístico *Stata* 13. Para a construção do modelo, considerou-se o valor um (1), variável dependente, para representar a coincidência entre área queimada e o ponto amostral; e zero (0) caso contrário.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estatísticas dos fatores considerados na análise que afetam a ocorrência de incêndios florestais na área de estudo, estimados pelo modelo *Probit*, estão contidos na Tabela 1.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	z	P> z	Intervalo de Confiança [95%]	
Precipitação	-0,0077512	0,0015192	-5,1	0,000	-0,0107287	-0,0047736
Prox. rodovias (Km)	0,00000632	7,57E-07	8,35	0,000	0,00000483	0,0000078
Prox. atividade antrópica (Km)	-0,00000876	0,00000277	-3,16	0,002	-0,0000142	-3,23E-06
Declividade	-0,0005498	0,006773	-0,08	0,935	-0,0138245	0,012725
Orientação das encostas	-0,0002145	0,00014	-1,53	0,125	-0,0004889	0,0000599
Altitude	0,0015109	0,0002742	5,51	0,000	0,0009735	0,0020482
Unidade de Conservação	0,1985407	0,0684148	2,90	0,004	0,0644501	0,3326312
Latitude	-0,00000583	0,00000478	-12,2	0,000	-0,00000677	-0,00000490
Longitude	-0,0000811	0,00000742	-10,92	0,000	-0,0000956	-0,0000665
Lat x Long	1,01E-11	9,20E-13	10,97	0,000	8,29E-12	1,19E-11
Estados (omitido Mato Grosso do Sul):						
Mato Grosso	0,0057945	0,0424992	0,14	0,892	-0,0775024	0,0890913
Vegetação:						
Savana (Cerrado)	0,4435095	0,0448713	9,88	0,000	0,3555634	0,5314557
Savana (Estépica)	0,6693067	0,0575447	11,63	0,000	0,5565212	0,782092
Floresta	0,0745718	0,0709011	1,05	0,293	-0,0643918	0,2135355
Formação pioneira	-0,043374	0,0791522	-0,55	0,584	-0,1985095	0,1117614
Área de tensão ecológica	0,2011553	0,0519837	3,87	0,000	0,0992691	0,3030416
Ano (omitido 2013):						
2003	0,0301547	0,0873181	0,35	0,730	-0,1409856	0,2012951
2004	0,9446499	0,0702946	13,44	0,000	0,806875	1,082425
2005	0,9452041	0,0707335	13,36	0,000	0,8065691	1,08384
2006	0,0865497	0,0855148	1,01	0,311	-0,0810563	0,2541556
2007	0,9128038	0,0730859	12,49	0,000	0,7695581	1,05605
2008	0,4006711	0,0769062	5,21	0,000	0,2499377	0,5514046
2009	-0,0964258	0,1005632	-0,96	0,338	-0,2935261	0,1006745
2010	0,8196793	0,0710102	11,54	0,000	0,6805018	0,9588568
2011	-0,2205642	0,099311	-2,22	0,026	-0,4152103	-0,0259182
2012	0,8137297	0,0736516	11,05	0,000	0,6693752	0,9580842
Constante	43,81814	3,852683	11,37	0,000	36,26702	51,369260

n = 70.752; Pseudo R² = 0,1206; Log likelihood = -6.933,4454

Tabela 1: Resultados da regressão Probit.

Os gráficos a seguir ilustram as probabilidades de ocorrência de incêndios em relação as variáveis que apresentaram significância estatística, ou seja, p-valor menor que o nível de significância 0,05.

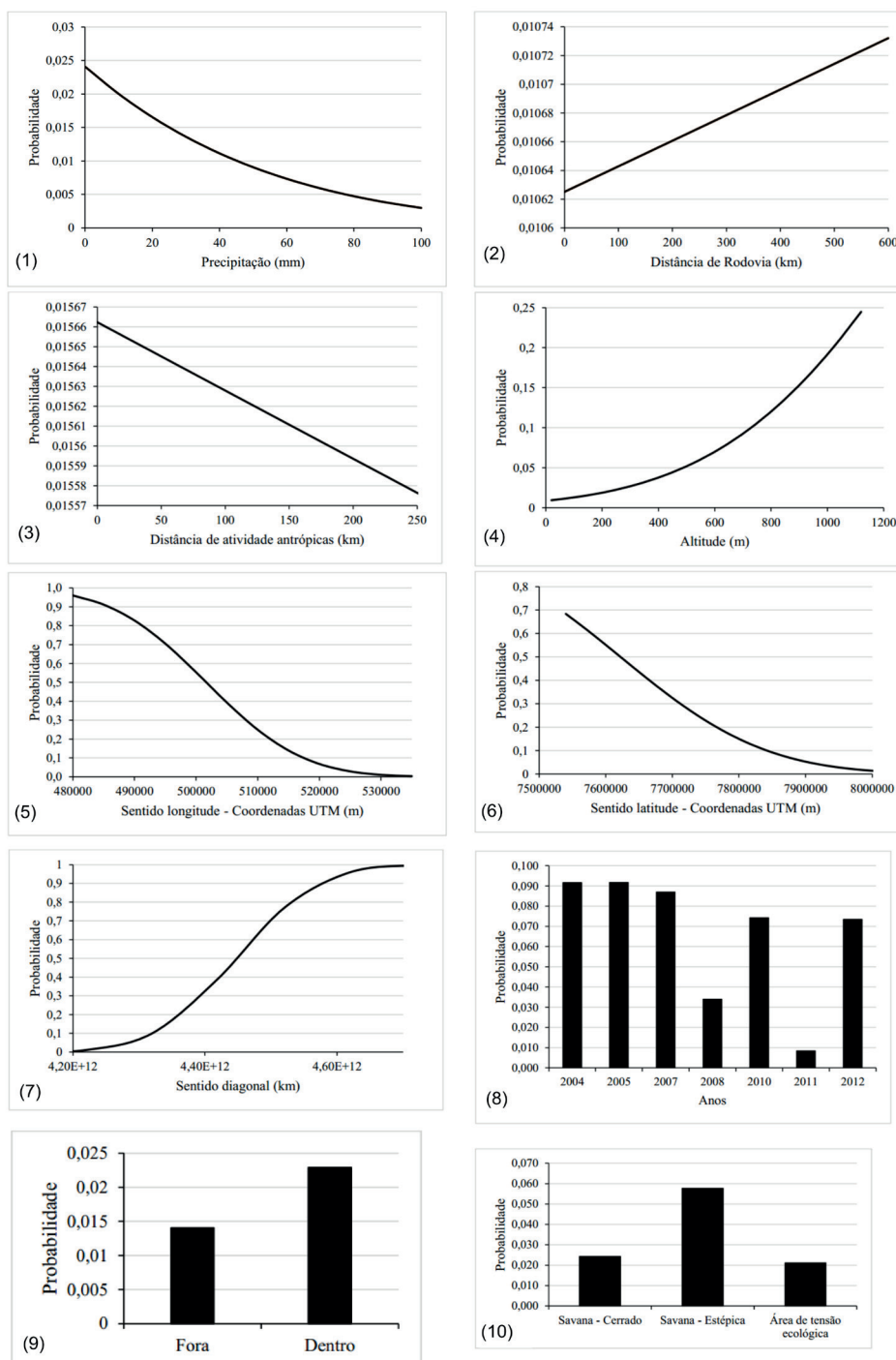


Figura 2: Probabilidade da ocorrência de incêndios em relação: (1) precipitação (mm); (2) distância de rodovia (km); (3) distância de atividade antrópica (km); (4) altitude (m); (5) sentido longitudinal – coordenadas UTM (m); (6) sentido latitude – coordenadas UTM (m); (7) sentido diagonal (km); (8) anos; (9) dentro de fora de unidades de conservação; (10) vegetação.

O efeito da precipitação na ocorrência do fogo apresentou significância estatística, neste caso rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que o coeficiente da regressão

para a variável foi estatisticamente diferente de zero. A variável está negativamente relacionada, isto é, quanto menor os valores da precipitação maior será a probabilidade da ocorrência do fogo. Por exemplo, a probabilidade de ocorrência aumenta em 2,1% quando se diminui a precipitação em 100 mm. A precipitação influencia a umidade e a quantidade do material combustível em uma área (Cheney e Sullivan, 2008), desta forma, a precipitação é importante porque dificulta ou mesmo tornando impossível o início e a propagação do fogo (Batista, 2000).

A distância de rodovias, considerado como um importante fator de origem de incêndios, apresentou-se positivamente relacionada. O fato da probabilidade de ocorrência de áreas queimadas aumentar com o incremento da distância das estradas não era esperado, pois, as estradas permitem o acesso de pessoas e veículos, causando maiores riscos de incêndios por vários fatores: incêndios criminosos, cultos religiosos, incêndios iniciados por cigarros, pequenas fogueiras, entre outros (Ferraz e Vettorazzi, 1998). Entretanto, não é possível afirmar que as estradas não sejam prováveis fontes de ignição de incêndios na área de estudo, talvez o fogo inicia próximo às estradas, mas, devido as características de propagação do fogo em vegetação contínua, este acaba se distanciando das estradas.

No Pantanal, o fogo é bastante utilizado como elemento de produção e manejo das pastagens para limpeza e remoção de espécies indesejadas. Este tipo de prática, quando não bem manejada, pode gerar ocorrência de incêndios fora de controle em vegetação natural. Os resultados estimados pelo modelo *Probit*, indicam que houve significância estatística, positivamente relacionada entre a distância de atividades agropecuárias e ocorrência do fogo, ou seja, áreas mais próximas das atividades antrópicas têm maior probabilidade de ocorrência.

A variável altitude apresentou relação significativa na ocorrência do fogo, porém, positivamente relacionada, isto é, áreas mais altas têm maior probabilidade de ocorrência das queimadas. A probabilidade de incêndios no ponto médio de altitude (128 m) é de 1,35%. Segundo Ribeiro et al. (2008), a variação da altitude influencia o risco de incêndio devido à relação com a umidade do ar, ou seja, a altitude representa indiretamente a umidade do material combustível e a consequente redução do risco a ocorrência de fogo. De acordo com Allem e Valls (1987), as áreas afetadas por queimadas encontram-se em zonas mais altas e secas, uma vez que as áreas mais baixas da região tendem a ser alagadas, confirmado este fato.

De acordo com o modelo, as variações espaciais em longitude, latitude e diagonal (latitude x longitude) apresentaram significância estatística a 95% de probabilidade. A probabilidade de incêndios aumenta no sentido leste a oeste, de norte a sul e de noroeste a sudeste na área de estudo. Este fato demonstra que existe tendência de agrupamento de áreas queimadas em regiões específicas do Bioma.

O ano de 2005, 2007 e 2004 foram os anos mais atingidos por áreas queimadas, na ordem de 8.559 Km², 8.241 Km² e 7.603 Km², respectivamente. Entretanto, 2004 e 2005 apresentaram maior probabilidade de ocorrência, possivelmente, devido à

distribuição espacial mais homogênea dos incêndios, se comparado com 2007.

Com base no modelo, foi observado que há probabilidade ligeiramente maior de ocorrência de incêndios dentro das Unidades de Conservação localizados no Pantanal. Apesar da pequena diferença, os resultados mostram que as unidades não têm sido razoavelmente eficazes em impedir ou mesmo diminuir a ocorrência de incêndios dentro de seus limites, devido a uma série de fatores. Provavelmente, os incêndios que ocorrem no interior das unidades, iniciam fora destas. Entretanto, este fato precisa ser investigado com mais detalhes em estudos futuros, incluindo na análise a distância euclidiana das áreas protegidas.

Os tipos de vegetação que apresentaram significância estatística, a probabilidade de 95%, foram as mais atingidas por áreas queimadas, de acordo com o mapeamento de 2003 a 2013. Por exemplo, em 2007 aproximadamente 60% e 15% dos incêndios ocorreram em Savana-Cerrado e Savana-Estépica, respectivamente. Em 2005, cerca de 51% e 20% dos incêndios também ocorreram em Savana-Cerrado e Savana-Estépica, respectivamente. As probabilidades observadas para Savana-Estépica (5,7%) e Savana-Cerrado (2,4%), estão relacionadas, sobretudo, as características do material combustível da vegetação, favoráveis a ocorrência e propagação do fogo. Tais características variam em função do tipo de vegetação, que por sua vez controlam o comportamento do fogo.

5 | CONCLUSÃO

Os fatores que apresentaram influência estatisticamente significativa sobre a probabilidade de ocorrência de incêndios florestais na área de estudo foram a precipitação, proximidade de áreas antrópicas, proximidade de rodovias, altitude, latitude, longitude e latitude *versus* longitude. Em relação as variáveis locais, os incêndios ocorreram de forma significativamente superior dentro de Unidade de Conservação, em áreas de cerrado sensu stricto, savana-estépica e áreas de transição. Do mesmo modo, os incêndios florestais ocorreram em quantidades significativamente maiores em 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011 e 2012, comparados com os incêndios de 2003.

As características topográficas da área não apresentaram influência significativa na ocorrência do fogo na área de estudo, a 95% de probabilidade. Este resultado pode ter sido influenciado pelas condições de relevo predominantemente plano na região pantaneira, a aleatoriedade da ocorrência do fenômeno estudado, o número de amostras utilizadas no modelo ou mesmo a qualidade dos dados de entrada no modelo Probit utilizados no presente estudo. Entretanto, isto não implica dizer que estas variáveis não têm influência na ocorrência do fogo na região de estudo, apenas não tiveram influência significativa segundo o modelo estatístico e período estudado. Assim, recomenda-se que todas as variáveis consideradas no presente estudo sejam

devidamente consideradas nas ações de prevenção e combate aos incêndios florestais na região de estudo.

REFERÊNCIAS

Allem, A. C.; Valls, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Matogrossense**. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1987. 339 p.

Anselin, L. Under the hood: Issues in the specification and interpretation of spatial regression models. **Agricultural Economics**, v. 27, n. 3, p. 247-267. 2002.

Arima, E.; Simmons, C.; Walker, R.; Cochrane, M. Fire in the Brazilian Amazon: A spatially explicit model for policy impact analysis. **Journal of Regional Science**. v. 47, n. 3, p. 541- 567. 2007.

Batista, A. C. **Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais**. Floresta 30 (1/2): 45- 54. 2000.

Boschetti, L.; Roy, D. P.; Justice, C. O.; Giglio, L. Global assessment of the temporal reporting accuracy and precision of the MODIS burned area product. **Int. J. of Wildland Fire**, v. 19, p. 705-709, 2010.

Braumann, R.; Carneiro, F. G. **Os agentes econômicos em processo de integração regional – Inferências para avaliar os efeitos da ALCA**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 33p. 2002.

Burrough, P. A.; McDonnell, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford, Oxford University Press. 1998.

Cheney, N. P.; Sullivan, A. **Grassfires: fuel, weather and fire behaviour**. CSIRO Publishing, Melbourne, Victoria. 2ª ed. 2008. 161 p.

Chomitz, K. Gray, D. Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize. **The World Bank Economic Review**, v. 10, n.3, p. 487- 512. 1996.

Coutinho, L. M. **As queimadas e seu papel ecológico**. Brasil Florestal, v.10, n. 44, p. 7-23. 1980.

Ferraz, S. F. B.; Vettorazzi, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). IPEF–ESALQ. Universidade de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 53, p. 39- 48. 1998.

Gujarati, D. N.; Porter, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p. IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil; primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE. 2004.

Kaufman, Y. J.; Kleidman, R.; King, M. D.; Ward, D. E. SCAR-B fires in the tropics: Properties and remote sensing from EOS-MODIS. **Journal of Geophysical Research**. v. 103, n. D24, 1998.

Grégoire, J. M.; Tansey, K.; Silva, J. M. N. The GBA2000 initiative: developing a global burnt area database from SPOT-VEGETATION imagery. **International Journal Remote Sensing**, v. 24, n. 6, p. 1369 – 1376, 2003.

Matos, N. M.; Leal, F. A. Mapeamento temporal e validação de áreas queimadas por meio do Produto MODIS MCD45A1. In: 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, **Anais...** 2014 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 476-484. Disponível na biblioteca digital URLib: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2014/cd/p76.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Matricardi, E. A. T.; Skole, D. L.; Pedlowski, M. A.; Chomentowski, W. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1057-1086. 2013.

Matricardi, E. A. T. **Spatiotemporal dynamics of forest degradation by selective logging and forest fire in the Brazilian Amazon**. A dissertation. Michigan State University, Department of Geography. 2007.

Nunes, J. R. S. **FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

Oliveira, A. L. S. **Avaliação dos sensores EOS/MODIS e NOAA/AVHRR na detecção e registro de incêndios e queimadas**. Dissertação de mestrado. Viçosa: UFV, 2006.

Ribeiro, L.; Koproski, L. P.; Stolle, L.; Lingnau, C.; Soares, R. V.; Batista, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 3, p. 561- 572. 2008.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas>> Acesso em: 21 de outubro de 2014.

Tatagiba, M. M. A. **Estudo da Dinâmica Espacial e Temporal dos Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 92p. 2010.

Wooldridge, J.M. **Introdução à Econometria – uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 4 ed. 2010. 701p.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-222-7

