

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Leonardo Tullio
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

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
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 Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
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
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto [recurso eletrônico]
/ Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento
remoto; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-54-3

DOI 10.22533/at.ed.543180210

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2018

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 “Aplicações e princípios de Sensoriamento Remoto” aborda em seu primeiro Volume uma apresentação de 21 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de Sensoriamento Remoto em suas diversas aplicações no meio urbano e rural.

O uso de imagens de satélite através do Sensoriamento Remoto está cada vez mais sendo utilizada para o planejamento e tomada de decisão rápida, visto que, a era tecnológica permite rapidez e confiança nos resultados. Contudo, sua utilização está na dependência de fatores de interação entre ambiente e sensor, que afetam nos produtos finais. Assim, sua qualidade depende de quatro tipos de resolução: temporal; espacial; espectral e radiométrica, que se referem a condição do satélite, isso deve ser levado em consideração no tipo de análise e o que pretende -se analisar.

Em contrapartida, a aquisição de imagens a nível terrestre já é possível com a utilização dos VANTES (Veículo Aéreo não Tripulado), porém fatores afetam seu movimento e resultam em imagens com pouca qualidade, estando diretamente na dependência do tipo de sensores acoplados. A análise por modelos e técnicas computacionais permite melhores e mais confiáveis resultados, que podem expressar a real condição. Porém, índices para comparação de variáveis ainda são desconhecidos e necessitam de trabalhos mais específicos para a geração de mapas interativos e virtuais.

Assim, o Sensoriamento Remoto é atualmente a área que mais cresce, visto a possibilidade da interação e tomada de decisão por meio de imagens e programas computacionais, tornando uma grande ferramenta em diversas áreas de atuação.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas utilize-a de norte para traçar novos rumos para o Sensoriamento Remoto Aplicado.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010	
<i>Juliana de Oliveira Tostes</i>	
<i>Márcio Rocha Francelino</i>	
<i>José Francisco de Oliveira Júnior</i>	
<i>Gustavo Bastos Lyra</i>	
CAPÍTULO 2	13
ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	
<i>Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira</i>	
<i>Pedro Sepulveda Neto</i>	
<i>Charles Marques de Souza</i>	
<i>Fausto Weimar Acerbi Junior</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR	
<i>Gabriel Roldo Gomes</i>	
<i>João Henrique Ferrarini</i>	
<i>Marcelle Luisa Calegari</i>	
<i>Danielli Batistella</i>	
<i>Priscila da Silva Victorino</i>	
CAPÍTULO 4	34
ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.	
<i>Paulo Roberto Belisário</i>	
<i>Maiara Resende Ribeiro</i>	
<i>Mario Valério Filho</i>	
CAPÍTULO 5	44
ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016	
<i>Joelson de Souza Passos</i>	
<i>Jepherson Correia Sales</i>	
<i>Gabriella Santos Arruda de Lima</i>	
CAPÍTULO 6	57
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA ÁREA URBANA DE UM TRECHO DO RECIFE E REGIÃO METROPOLITANA ATRAVÉS DE ORTOFOTOCARTAS ANTIGAS E IMAGEM DO GOOGLE EARTH	
<i>Leonardo Carlos Barbosa</i>	
<i>Luiz Carlos Barbosa da Silva</i>	
<i>Laízy de Santana Azevedo</i>	
CAPÍTULO 7	66
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARTE DE BAIRRO NOVO – OLINDA ENTRE 1986 A 2014 UTILIZANDO ORTOFOTOCARTA E ORTOFOTOS	
<i>Júlio César Albuquerque Simões Belo</i>	
<i>Mirelly de Oliveira Farias</i>	
<i>Carlos Alberto Borba Schuler</i>	

CAPÍTULO 8 75

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE DUNAS AO LONGO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO NORTE RS VIA DADOS TM LANDSAT 5

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
João Augusto de Carvalho Ferreira
Jefferson Rodrigues dos Santos
André Bilibio Westphalen
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 9 83

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-8 (OLI)

Rodrigo Moura Pereira
Dayanna Teodoro Quirino
Derblai Casaroli
Lucas Melo Vellame
Delvio Sandri

CAPÍTULO 10 98

ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE TECNOLOGIAS EM SENSORIAMENTO REMOTO

Roberta Monique da Silva Santos
Stiffanny Alexa Saraiva Bezerra
Álefe Lopes Viana
Nelson Felipe de Albuquerque Lins Neto
José Roselito Carmelo da Silva

CAPÍTULO 11 115

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA - SEBV E IMPLICAÇÕES PARA O GRADIENTE FLÚVIO-ESTUARINO.

Fernando Jakes Teubner Junior
Gilberto Fonseca Barroso

CAPÍTULO 12 131

ÊXODO RURAL E ESTADO DA VEGETAÇÃO NATIVA: DESENVOLVIMENTO DE UM INDICADOR SOCIOECONÔMICO E VALIDAÇÃO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU - RS, BRASIL

Jefferson Rodrigues dos Santos
Júlia Borges Telmo
Lucas Munhoz Caseiro
Jean Marcel de Almeida Espinosa
João Augusto de Carvalho Ferreira

CAPÍTULO 13 142

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Thyellenn Lopes de Souza
Mateus Campos Leme
Mikael Timóteo Rodrigues

CAPÍTULO 14 152

IMAGEM DE REFLECTÂNCIA DE SUPERFÍCIE USGS COMO REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

Patricia Michele Pereira Trindade
Dejanina Luderitz Saldanha

<i>Waterloo Pereira Filho</i>	
CAPÍTULO 15	163
INFERÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ZONA EUFÓTICA E DO COEFICIENTE VERTICAL DE ATENUAÇÃO DE LUZ NA ÁGUA DA REPRESA MAUÁ, RIO TIBAGI/PR, A PARTIR DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT-8/OLI	
<i>Adriana Castreghini de Freitas Pereira</i>	
<i>Paulo Henrique Marques de Castro</i>	
CAPÍTULO 16	174
MODELAGEM DE CORREDORES ÓTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS FERROVIÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE DINÂMICA EGO A PARTIR DE PRODUTOS GRATUITOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
<i>Felipe Ramos Nabuco de Araújo</i>	
<i>Jefferson William Lopes Almeida</i>	
<i>Ítalo Sousa de Sena</i>	
<i>Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega</i>	
CAPÍTULO 17	187
PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
<i>Daniel de Almeida Papa</i>	
<i>Evandro Orfanó Figueiredo</i>	
<i>Alexandre Pansini Camargo</i>	
<i>Luiz Carlos Estraviz Rodriguez</i>	
CAPÍTULO 18	199
RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA ESPECTRAL, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM OCORRÊNCIAS DE CERRADO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARDO: ESTUDO PRELIMINAR	
<i>Ronaldo Medeiros dos Santos</i>	
<i>Vinícius Orlandi Barbosa Lima</i>	
<i>Marcelo Rossi Vicente</i>	
<i>Talita Moreira Câmara</i>	
<i>Cecília Cristina Almeida Mendes</i>	
<i>Diana Marques Silva</i>	
<i>Gesiane Simara Barbosa</i>	
CAPÍTULO 19	209
SENSORIAMENTO REMOTO NA CULTURA DO ALGODÃO	
<i>Ziany Neiva Brandão</i>	
<i>João Henrique Zonta</i>	
<i>Luciano Shozo Shiratsuchi</i>	
CAPÍTULO 20	225
TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO	
<i>Adriana Fantinati Conceição</i>	
<i>Denivaldo Ferreira de Souza</i>	
<i>Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero</i>	
<i>Lindon Fonseca Matias</i>	
CAPÍTULO 21	235
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	
<i>Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</i>	
SOBRE O ORGANIZADOR	248

A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010

Juliana de Oliveira Tostes

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Pinheiral Pinheiral - RJ

Márcio Rocha Francelino

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos
Viçosa - MG

José Francisco de Oliveira Júnior

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas
Maceió - AL

Gustavo Bastos Lyra

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais
Seropédica - RJ

RESUMO: Este trabalho pretende identificar o comportamento sazonal dos focos de calor no estado do Acre, entre os anos de 2004 e 2010, assim como analisar a relação entre os valores do Índice de Precipitação Padronizado (SPI – Standardized Precipitation Index) e o número e distribuição espacial dos focos de calor no estado. Os dados de foco de calor foram baixados do banco BDQueimadas e os de precipitação foram extraídos do Global Precipitation Climate Centre (GPCC). Com estes últimos dados quantificou-se o déficit ou o excesso de precipitação através do SPI. Os resultados deste índice foram interpolados através de krigagem

ordinária e foram sobrepostos aos focos de calor. Para mensurar o quantitativo de focos de calor próximos a áreas desmatadas, utilizou-se os polígonos de desmatamento detectados pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia por Satélite (PRODES). Em seguida, foram gerados buffers em torno das áreas desmatadas com distâncias de 1, 2, 3 e 4 km e realizou-se uma análise de correlação entre a proximidade de área desmatada e o número de focos de calor. Verificou-se que, embora a estiagem anômala propicie um aumento do número de focos, o seu padrão espacial está mais relacionado a fatores antrópicos, tais como a proximidade de áreas já desmatadas.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Precipitação Padronizado (SPI); incêndios florestais; desmatamento

ABSTRACT: This paper aims to identify the seasonal behavior of the hotspots in the state of Acre, between 2004 and 2010, as well as to analyze the relationship between the values of the Standardized Precipitation Index (SPI) and the spatial number and distribution of hotspots in the state. The heat focus data were downloaded from the BDQueimadas database and the precipitation data were extracted from the Global Precipitation Climate Center (GPCC). With the latter data the deficit or the

excess of precipitation was quantified through the SPI. The results of this index were interpolated through ordinary kriging and were superimposed on the heat sources. In order to measure the quantity of heat sources near deforested areas, the deforestation polygons detected by the Amazon Deforestation Monitoring Project (PRODES) were used. Then, buffers were generated around deforested areas with distances of 1, 2, 3 and 4 kilometers and a correlation analysis was performed between the proximity of deforested area and the number of hotspots. It was verified that, although anomalous drought causes an increase in the number of hotspots, its spatial pattern is more related to anthropic factors, such as the proximity of already deforested areas.

KEYWORDS: Standardized Precipitation Index (SPI); forest fires; deforestation

1 | INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é conhecida por ser resistente à seca sazonal, constituindo-se numa barreira natural à propagação do fogo. Porém, a ocorrência de eventos climáticos extremos, que afetam o padrão da precipitação pluvial, diminui a capacidade de resiliência da floresta (BROWN et al, 2006; ARAGÃO et al., 2008; SCHROEDER et al, 2009; SOARES FILHO et al., 2012).

Este cenário é preocupante, pois diversos estudos (ZENG et al., 2008; YOON et al., 2010, MARENGO et al., 2011) apontam que, diante das mudanças climáticas globais, eventos extremos se tornarão cada vez mais frequentes.

Paralelamente à questão climática, o intenso processo de desmatamento e de degradação da floresta também contribui para a diminuição da resistência das fitofisionomias aos períodos de estiagem, deixando-as mais vulneráveis à propagação de incêndios (ARAGÃO et al., 2008; COCHRANE e BARBER, 2009).

Esse processo se inicia com a floresta intacta, passa pela exploração da madeira até a conversão florestal para atividades agropecuárias. Estes estágios podem demorar alguns anos, sendo o uso do fogo uma prática recorrente, seja para as etapas da conversão florestal em si, seja para a limpeza e manutenção do terreno de áreas já desmatadas (COCHRANE e LAURANCE, 2002; INPE, 2014).

As queimadas e incêndios florestais podem ser detectados via sensoriamento remoto, o que se torna fundamental em uma região de grande extensão territorial e com muitas áreas de difícil acesso.

Diante desse cenário, numa tentativa de tentar compreender a dinâmica dos focos de calor no estado do Acre, este trabalho pretende identificar o comportamento sazonal dos focos de calor no estado do Acre, entre os anos de 2004 e 2010. Além disso, pretende-se analisar a relação entre os valores do Índice de Precipitação Padronizado (SPI – Standardized Precipitation Index) e o número e distribuição espacial dos focos de calor no estado.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de focos de calor entre 2004 e 2010 foram baixados do Projeto BDQueimadas (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>), disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os dados de focos de calor foram derivados das imagens do sensor AVHRR do satélite NOAA-12 e do sensor MODIS do satélite AQUA M-T, com resolução espacial de 1km². Apesar de estarem disponíveis dados de focos de diversos outros satélites, selecionou-se apenas estes dois para evitar com que um mesmo foco fosse contabilizado duas vezes, superestimando o número dos mesmos.

Para se realizar uma análise sobre a influência da precipitação na ocorrência e distribuição de focos de calor, foram utilizados dados do modelo climático de precipitação do Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), entre os anos de 1948 a 2010. Os dados foram organizados em uma grade (Figura 1) composto de 60 pares de pontos, com 6° de latitude e 10° de longitude, o que formou uma série de dados que extrapolou o estado do Acre. Isso foi realizado com o intuito de diminuir o efeito de borda decorrente do processo de interpolação que foi realizado posteriormente.

Para cada par de coordenadas, quantificou-se o déficit ou o excesso de precipitação através do SPI, considerando-se a escala trimestral. O SPI foi desenvolvido por McKee et al. (1993) e baseia-se em um banco de dados de precipitação com no mínimo de 30 anos. Para realizar o cálculo do SPI, os valores de precipitação foram ajustados através da distribuição gama e, posteriormente, foram transformados em uma distribuição normal.

Os cálculos que geraram o SPI foram realizados no Excel 2010, e os resultados foram classificados de acordo com McKee et al.(1993) (Tabela 1).

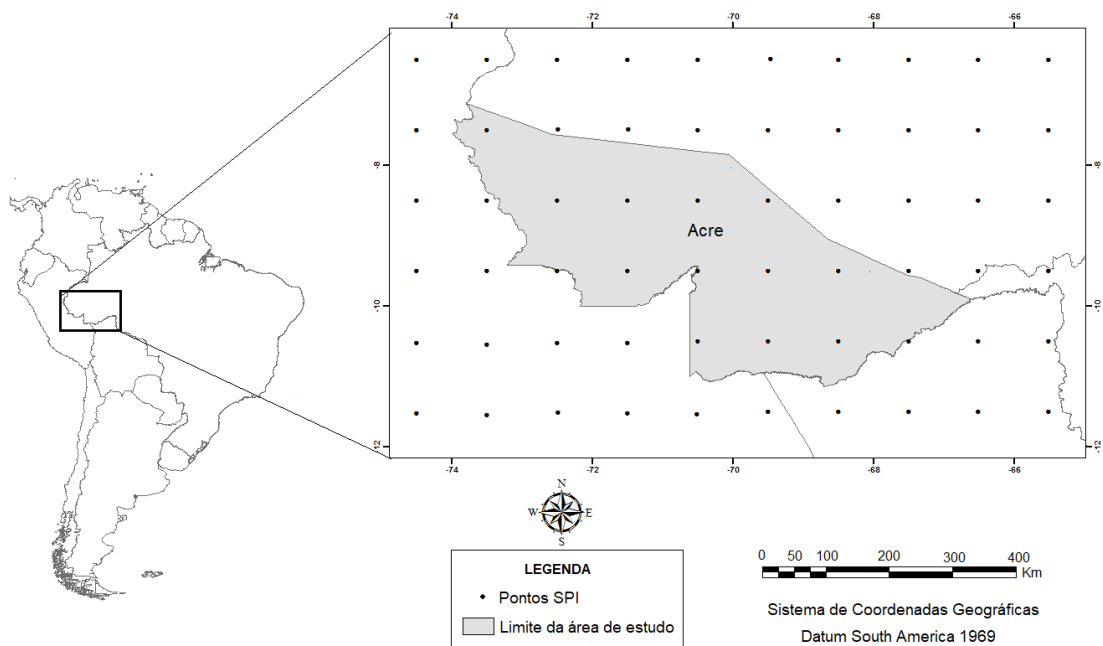


Figura 1. Pontos de grade utilizados para cálculo e interpolação do índice SPI no Acre.

SPI	Categoria
≥ 2,00	Extremamente úmido
1,5 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
≤ -2,00	Extremamente seco

Tabela 1. Classificação dos períodos secos e úmidos do Índice de Precipitação Padronizada

Fonte: McKee et al.(1993)

Os valores de SPI para cada um dos 60 pontos do grid foram agrupados em uma única tabela e exportados para o ArcGis 10.2. Com o intuito de analisar a relação entre a distribuição espacial de focos de calor e as condições de seca meteorológica, os dados pontuais do SPI referente aos anos de 2004 a 2010 foram interpolados para geração de uma superfície contínua através de Krigagem ordinária pelo modelo Gaussiano.

Para se mensurar o quantitativo de focos de calor em áreas florestais que estão próximos a áreas de desmatamento, utilizou-se os polígonos de desmatamento detectados pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia por Satélite (PRODES - <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>). No ArcGis 10.2 foram gerados buffers em torno das áreas desmatadas com distâncias de 1, 2, 3 e 4 km. Este procedimento foi realizado para todos os anos e o número de focos de calor para cada classe de distância foi quantificado através da ferramenta Clip. Finalmente, realizou-se uma análise de correlação entre proximidade de área desmatada e número de focos de calor.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos números de focos de calor detectados no estado do Acre, no período de 2004 a 2010, demonstra que eles apresentam um padrão sazonal bem definido, com uma maior concentração de focos de calor entre os meses de julho a outubro (Figura 2A).

Apesar dos menores índices de precipitação média ocorrerem nos meses de junho e julho (Figura 2B), o pico dos focos de calor só ocorre em setembro.

Segundo Zeng et al. (2008) isso ocorre porque a Floresta Amazônica ainda se mantém úmida durante os primeiros meses de estiagem, no entanto, posteriormente ela começa a entrar em estado de estresse e, conseqüentemente fica mais susceptível ao fogo.

De forma geral, em anos onde ocorrem anomalias negativas de precipitação (SPI moderadamente seco, muito seco e extremamente seco), observa-se um aumento

considerável do número de focos de calor, conforme verificado nos anos de 2005 (Figura 3B) e 2010 (Figura 3G), anos com maior quantitativo de focos de calor no período analisado.

No entanto, é importante ressaltar que estas anomalias não se distribuem uniformemente pelo estado, sendo que, inclusive, ocorreram anomalias positivas de precipitação (moderadamente úmido) em algumas regiões.

No ano de 2004 (Figura 3A), o padrão de precipitação esteve próximo à normalidade na maior parte do estado, apenas a região central apresentou uma anomalia positiva, classificada como moderadamente úmido. Apesar de o padrão normal ter se estendido por grande parte do Acre, os focos de calor estavam concentrados principalmente na porção leste do estado, região onde existe a maior densidade demográfica, segundo o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2014).

Em 2005 (Figura 3B), ano com as maiores anomalias negativas de precipitação, grande parte do estado foi classificada pelo SPI como extremamente seca, porém algumas áreas da porção leste foram classificadas como muito seca e moderadamente seca, e parte da porção sudeste foi classificada como dentro da normalidade.

Neste ano, o quantitativo de focos aumentou consideravelmente, mas a sua distribuição espacial manteve-se relativamente constante. Ora, se a questão meteorológica tivesse maior peso na distribuição dos focos de calor, era para grande parte do estado apresentar uma alta densidade de focos, porém isso não foi observado. Pelo contrário, eles tenderam a se concentrar nas proximidades daqueles locais onde ocorreram no ano de 2004 (ano onde a precipitação esteve dentro da normalidade)

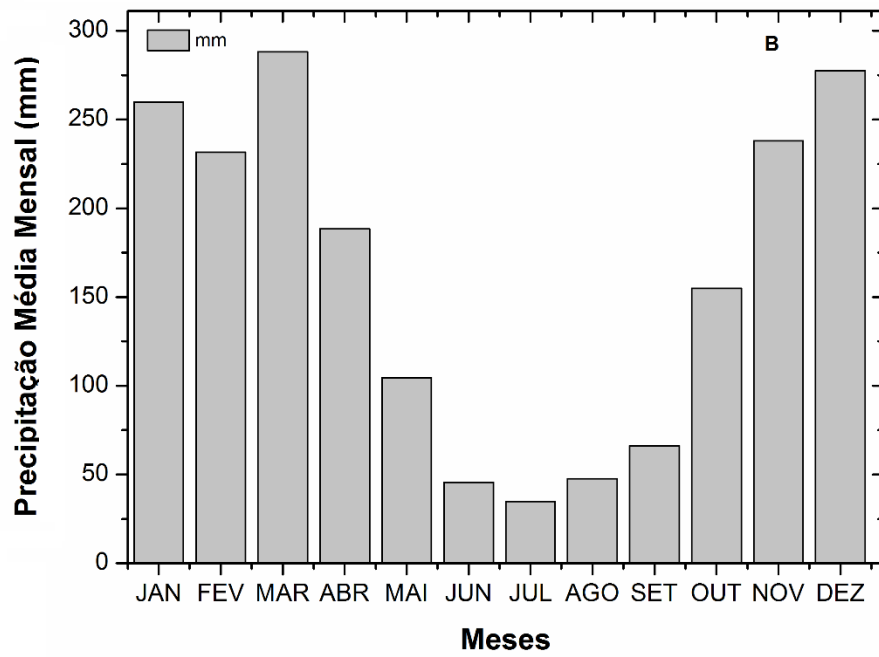
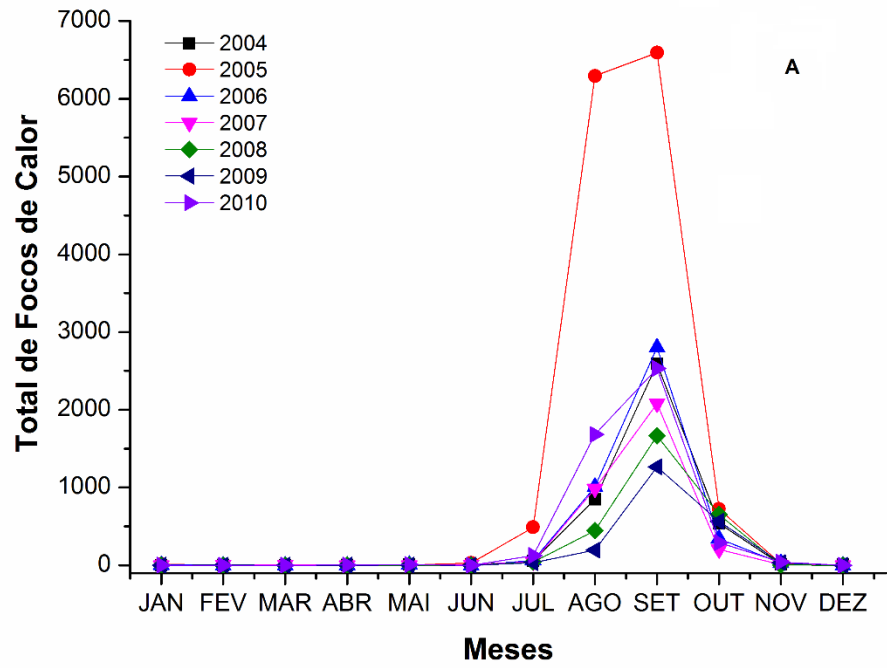


Figura 2 A. Distribuição mensal do número de focos de calor detectados pelos satélites de referência. Fonte: BDQueimadas (2014). **2 B.** Distribuição da precipitação média (mm) no Acre, entre 2004 e 2010. Fonte: GPCC.

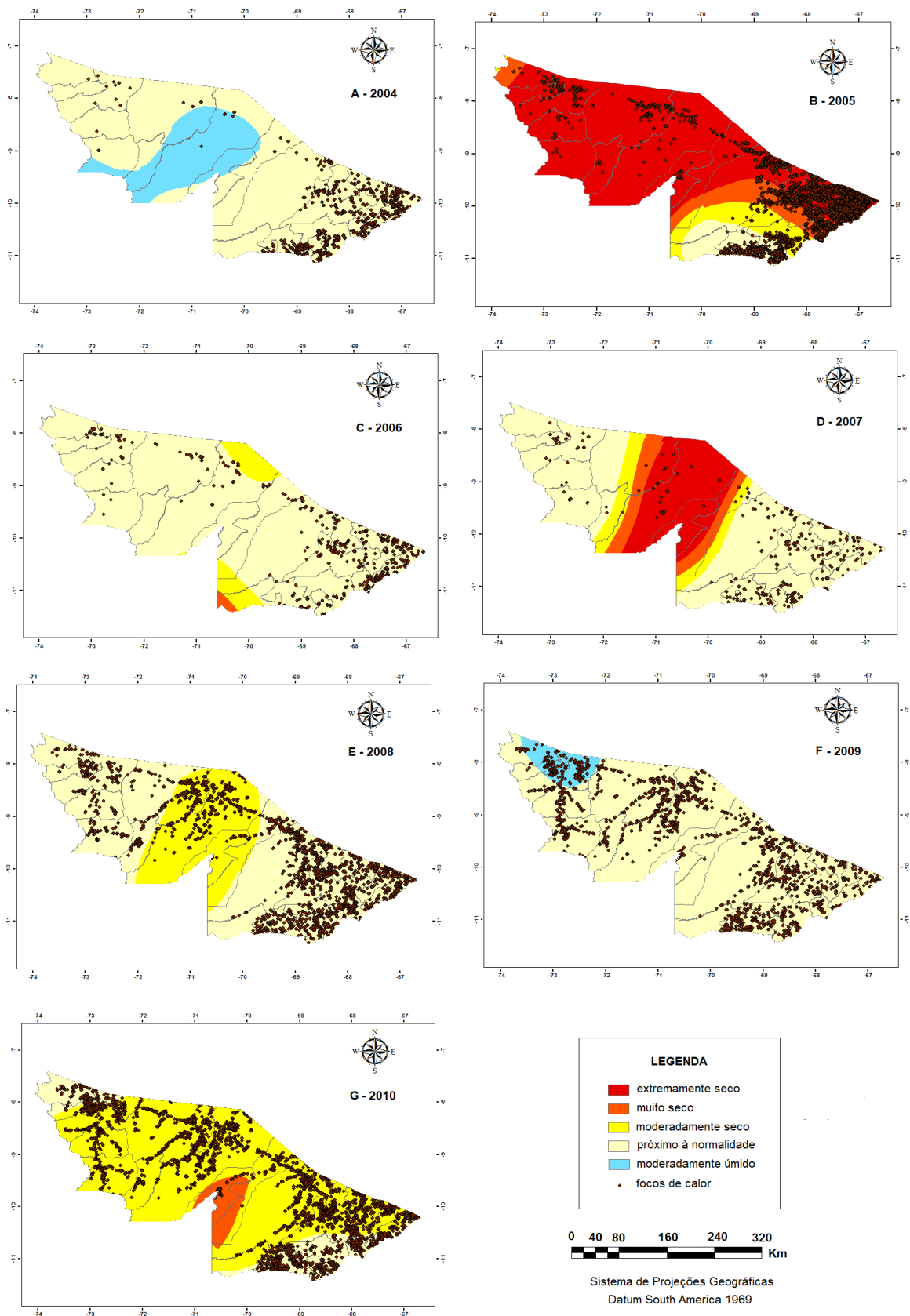


Figura 3. Espacialização do índice SPI (julho a setembro) juntamente com os focos de calor detectados pelos satélites referência do respectivo ano.

Finalmente, verificou-se também que, nas porções sudeste e leste do estado, onde as anomalias de precipitação foram menos severas que nas outras regiões, foi

detectada uma alta densidade de focos.

Nos anos de 2006 (Figura 3C) e 2007 (Figura 3D), o padrão espacial se manteve, e a precipitação esteve próxima à normalidade na maior parte do estado. Neste último ano, observou-se que apenas a parte central do estado apresentou uma anomalia de precipitação classificada como extremamente seca, no entanto, isso não se traduziu num aumento significativo do número de focos nesta região.

No ano de 2008 (Figura 3E), a região central continuou com anomalias negativas de precipitação, inferiores ao ano anterior, mas ainda existentes. Neste ano, no entanto, o número de focos aumentou muito nesta área em relação aos anos anteriores. Acredita-se que isso possa ter ocorrido, dentro outros fatores, pelo intenso estresse sofrido pela vegetação que passou por dois anos de estiagem, o que a deixou mais vulnerável à ocorrência de incêndios (HOFFMANN *et al.*, 2003; NEPSTAD *et al.*, 2004; ARAGÃO *et al.*, 2007, COCHRANE, 2009).

Dentro do período analisado, foi a primeira vez que essa região apresentou um alto número de focos de calor, característica que se manterá nos anos posteriores. Isso decorre porque a ocorrência de fogo se retroalimenta, ou seja, uma floresta queimada em um ano estará muito mais susceptível à propagação de fogo no ano seguinte (COCHRANE, 2003). Além disso, quando a floresta é queimada para ser convertida em pastagem ou lavoura, possivelmente a área será queimada novamente no ano seguinte para limpeza do terreno.

Esse padrão espacial de focos observado no ano de 2008 se mantém nos anos de 2009 (Figura 3F) e 2010 (Figura 3G). Tal padrão visualmente parece coincidir com os eixos rodoviários e com a proximidade de alguns rios, locais onde existe um maior povoamento.

Da série analisada, 2010 foi o ano com o segundo maior número de focos, perdendo apenas para 2005. Pelos mapas de SPI, observa-se que assim como 2005, as anomalias negativas de precipitação se distribuíram por quase todo o estado, embora numa intensidade mais leve, classificada como moderadamente seca.

De acordo com Marengo *et al.* (2011), as anomalias negativas de precipitação de 2005 e 2010 foram provocadas devido à ocorrência de um Gradiente Inter-Hemisférico do Atlântico positivo. Segundo esses autores, o aumento da TSM no Atlântico Norte gerou um sistema de baixa pressão sobre esta região oceânica, o que alterou o padrão dos ventos e intensificou os movimentos descendentes sobre algumas regiões da Amazônia (MARENGO *et al.* 2011).

Essa situação resultou numa diminuição das chuvas na região, o que favoreceu o aumento do número de focos de calor. No entanto, apesar desse cenário, em 2010 a distribuição espacial dos focos foi mantida igual aos anos anteriores, inclusive com muitos focos sendo observados nas porções sudeste e leste, locais com precipitação próxima à normalidade.

O padrão espacial de distribuição dos focos de calor pode ser melhor compreendido, quando se analisa em qual tipo de cobertura eles ocorrem com mais

frequência.

Embora a maior parte dos focos seja detectada em florestas, uma importante parcela ocorre em áreas já desmatadas, onde a queimada é utilizada como prática agrosilvopastoril. Neste sentido, destacam-se os anos de 2004 e 2005, cujos números de focos em áreas desmatadas foram superiores aqueles que ocorreram em áreas de florestas. (Figura 4).

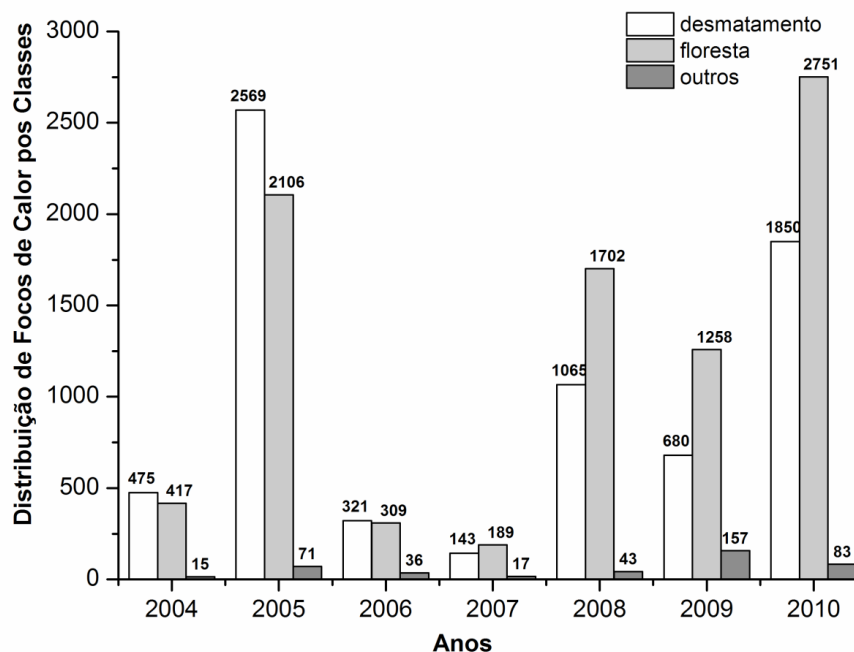


Figura 4. Distribuição dos focos de calor por classes desmatamento, floresta e outros no período de 2004 a 2010. Fonte: BDQueimadas (2014) e PRODES(2014)

Diversos estudos, como, por exemplo, Cochrane and Laurance (2002); Aragão *et al.*(2007) e Soares Filho *et al.*(2012) afirmam que os focos de calor concentram-se principalmente próximo às áreas já desmatadas. O presente trabalho vai ao encontro destas pesquisas, pois em todos os anos analisados observou-se uma forte correlação entre estas variáveis; conforme a Tabela 2.

Assim, verificou-se que quanto maior a distância das áreas desmatadas ocorre um decréscimo do número de focos de calor no estado do Acre (Figura 5).

Ano	r	Ano	r
2004	0.8	2008	0.98
2005	0.92	2009	0.99
2006	0.94	2010	0.98
2007	0.96		

Tabela 2. Correlação entre proximidade de áreas desmatadas e úmero de focos de calor, considerando-se classes de 1 a 4 km de distância

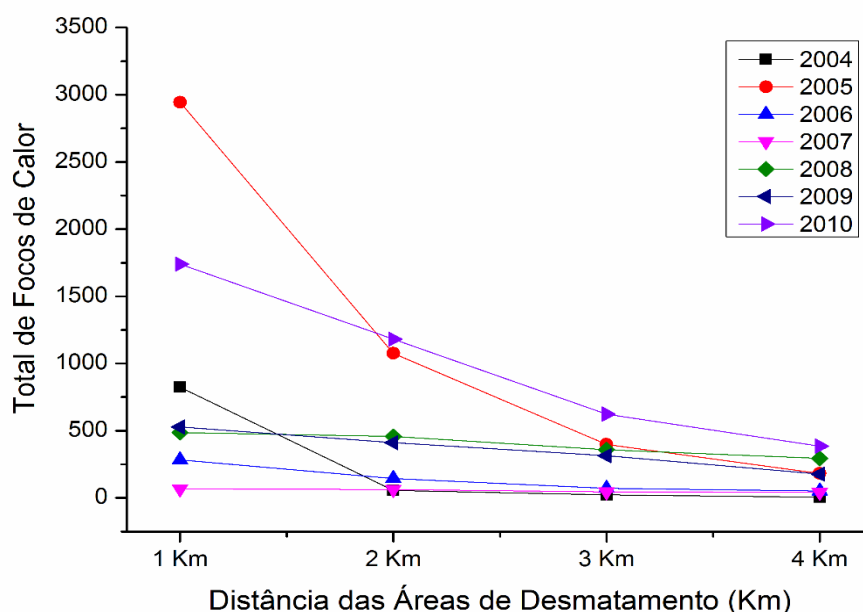


Figura 5. Relação entre o número de focos de calor e a proximidade de áreas desmatadas identificadas pelo PRODES no período de 2004 a 2010.

O resultado obtido pode ser explicado porque, muitas vezes, as queimadas utilizadas como técnicas agrícolas, saem do controle e atingem as florestas do entorno, transformando-se em incêndios florestais. Além disso, devido ao efeito de borda dos fragmentos, a vegetação recebe maior quantidade de vento e insolação, tornando-se menos úmida, o que aumenta a sua inflamabilidade (COCHRANE and LAURANCE, 2002).

4 | CONCLUSÕES

No estado do Acre as anomalias negativas de precipitação favorecem um aumento do número de focos de calor. Nesse sentido, o entendimento dos padrões climáticos que favorecem eventos extremos permitem compreender a magnitude e a severidade dos incêndios florestais.

No entanto, tais anomalias não estão necessariamente relacionadas ao padrão espacial dos focos de calor no estado. Possivelmente, este último está mais relacionado ao uso e ocupação do solo, tais como a proximidade de áreas já desmatadas.

Sendo assim, para uma compreensão mais profunda sobre os padrões temporais e espaciais dos focos de calor é necessária a realização de estudos que analisem os efeitos sinérgicos entre as anomalias de precipitação e fatores antrópicos. Isso porque, ainda que haja condições meteorológicas favoráveis à propagação do fogo, é o homem que provoca o início da combustão.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, L.E.O.C.; MALHI, Y.; BARBIER, N.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y.E.; ANDERSON, L.O. AND SAATCHI, S. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. **Phil. Trans. R. Soc.**, v.363, p.1779-1785, 2008.
- ARAGAO, L.E.O.C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R.M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L.O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophys. Res. Lett.**, v. 34, L07701, 2007.
- BROWN, I.F.; SCHROEDER, W.; SETZER, A; DE LOS RIOSMALDONADO, M; PANTOJA, N.; DUARTE, A.; MARENGO, J.A. Monitoring Fires in Southwestern Amazonia Rain Forests. **Eos, Transactions, American Geophysical Union**, v. 87, n. 26, p.253-264, 2006.
- COCHRANE, M. A. and BARBER, C. P. Climate change, human land use and future fires in the Amazon. **Global Change Biology**, v. 15, p.601-612, 2009
- COCHRANE, M. and LAURANCE, W. F. Fire as a large-scale edge effect in Amazonia forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p.311-325, 2002.
- COCHRANE, M. A. Fire science for rainforest. **Nature**, v. 421, p. 913-919, 2003.
- COCHRANE, M. A. Forest fire, deforestation and landcover change in the Brazilian Amazon. **The Joint Fire Science Conference and Workshop**, 2009
- GLOBAL PRECIPITATION CLIMATOLOGY CENTRE - GPCC 1.0 x 1.0 Monthly Precipitation Totals. Disponível em: < <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcc.html>>. Acesso em 25/04/14.
- HOFFMAN, W. A.; SCHROEDER, W. and JACKSON R. B. Regional feedbacks among fire, climate, and tropical deforestation. **J. Geophys. Res.**, v.108, n D23, 4721, 2003.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/censodemografico>> Acesso em: 02 fev 2014.
- INPE- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. BDQueimadas – Banco de Dados de Queimadas. DPI/INPE. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas>>. Acesso em: 01 fev. 2014.
- INPE- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélite. Disponível em:< <http://www.obt.inpe.br/prodes/dados/> > Acesso em 10 de fevereiro de 2014.
- MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. AND RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region, **Geophys. Res. Lett.**,v. 38, n.12, L12703, 2011.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Anhaeim, CA. Proceedings. Boston: **American Meteorological Society**, p. 179-184, 1993.
- NEPSTAD, D.; LEFEBVRE, P.; LOPES DA SILVA, U; TOMASELLA, J.; SCHLESINGER, P.; SOLÓRZANO, L; MOUTINHO, P; RAY, D., AND GUERREIRA BENITO, J. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: A basin-wide analysis, **Global Change Biol.**, v.10, n.5, 704–717, 2004.
- SOARES-FILHO, B.; SILVESTRINI, R.; NEPSTAD, D.; BRANDO, P.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A.;

COE, M.; LOCKS, C.; LIMA, L.; HISSA, L.; STICKLER, C. Forest fragmentation, climate change and understory fire regimes on the Amazonian landscapes of the Xingu headwaters. **Landscape Ecology**, v. 27, n.4, p.585 - 598, 2012.

YOON, J. H., AND N. ZENG. An Atlantic influence on Amazon rainfall, **Clim. Dyn.**, v. 34, n(2-3), p.249-264, 2010.

ZENG, N.; YOON, J. H.;, MARENGO J. A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A. AND NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environ. Res. Lett.**, v.3, n.1, 014002, 2008.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais-CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-54-3



9 788585 107543