



Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 2

Leonardo Tullio
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

**Aplicações e Princípios do
Sensoriamento Remoto
2**

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 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento remoto; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-48-2

DOI 10.22533/at.ed.482180110

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

No Volume II da obra “Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto” trazemos até você os mais diversos trabalhos da área, contando agora com 22 capítulos inéditos. Vimos a importância deste tema no Volume I e agora esperamos contribuir significativamente com outras aplicações em diversas áreas de atuação.

Percebemos que os avanços tecnológicos substituem algumas formas de agir e pensar, de maneira instantânea e a níveis de confiança altíssimos. Assim a contribuição e os avanços nas pesquisas são favorecidos com o uso de softwares aplicados ao Sensoriamento Remoto. Visto a necessidade de programas computacionais específicos para análise conjunta de dados sobre a imagem e de maneira rápida, percebemos a significativa atuação da tecnologia neste meio.

Neste sentido, ressaltamos a importância do conhecimento específico e aplicado, pois a tecnologia analisa a partir de comandos, porém, a análise e a definição do certo ou errado ainda está na dependência do operador, que exige conhecimento em sua realização. Aplicações práticas e com resultados significativos são fundamentais para o sucesso de uma pesquisa, a classificação seja ela supervisionada ou não, garante a interpretação fiel da realidade estudada. Porém, refinar as técnicas de análise e comparar os resultados são importantes.

Contudo, ressaltamos a necessidade do conhecimento avançado sobre o que se propõe a estudar e qual método mais adequado, pois a interação dos dois reflete a confiança e qualidade do resultado. Portanto, a busca por conhecimento é insaciável e nos faz aprender a cada capítulo desta obra.

Por fim, desejo bons estudos e muito conhecimento adquirido com as informações e resultados trazidos nos capítulos desta obra.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA PAISAGEM ATRAVÉS DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA UM ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE SERRA DO NAVIO-AP	
<i>Érica Patrícia Viegas dos Santos</i>	
<i>Dário Rodrigues de Melo Junior</i>	
<i>Olavo Rodrigues Fagundes Neto</i>	
<i>Tasso Wesley Galeno Barreto</i>	
<i>Patrícia Helena Turola Takamatsu</i>	
<i>Fabiano Luís Belém</i>	
CAPÍTULO 2	14
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPAÇO-TEMPORAL DAS GEOFORMAS FLUVIAIS DO BAIXO CURSO DO RIO DOCE COM O AUXÍLIO DE IMAGENS ORBITAIS LANDSAT 8 - LINHARES, ES	
<i>Andressa Padovani Gil</i>	
<i>André Luiz Nascentes Coelho</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA OCUPAÇÃO DA ÁREA E ENTORNO DO PARQUE MUNICIPAL DUNAS DE ABRANTES, CAMAÇARI - BAHIA	
<i>Luiz Felipe Moura Bastos Borges</i>	
<i>Desiree Alves Celestino Santos</i>	
<i>Fábia Antunes Zaloti</i>	
<i>Saulo Medrado dos Santos</i>	
<i>Dária Maria Cardoso Nascimento</i>	
CAPÍTULO 4	36
ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, MG: UMA PROPOSTA PARA MELHOR ENTENDIMENTO DOS LIMITES E DA DINÂMICA ESPACIAL DAS SUPERFÍCIES EROSIVAS	
<i>Samia de Moura Passarella</i>	
CAPÍTULO 5	54
ASSIMILAÇÃO DE DADOS COM O MÉTODO LETKF NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE: A IMPORTÂNCIA DAS OBSERVAÇÕES DE SATÉLITE	
<i>Leonardo Nascimento Lima</i>	
<i>Luciano Ponzí Pezzi</i>	
CAPÍTULO 6	69
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA ESPÉCIE WUNDERLICHIA AZULENZIS	
<i>Alline Zagnoli Villela Motta</i>	
<i>Sollano Rabelo Braga</i>	
<i>Alessandra Morais Melo</i>	
<i>Nathalia Drummond Marques da Silva</i>	
<i>Cristiano Christofaro</i>	
CAPÍTULO 7	80
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM EM SOROCABA (SP)	
<i>Darllan Collins da Cunha e Silva</i>	
<i>Deborah de Matos</i>	
<i>Renan Angrizani de Oliveira</i>	
<i>Vanessa Cezar Simonetti</i>	
<i>Roberto Wagner Lourenço</i>	

CAPÍTULO 8 94

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO À GCP'S EM MAPEAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO COM USO DE VANT

José Adriano da Silva
Vinicius Bitencourt Campos Calou
Adunias dos Santos Teixeira
Daniel Albiero

CAPÍTULO 9 105

CORRELAÇÃO ESPACIAL DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO (NDVI, NDWI E EVI) DE IMAGEM LANDSAT-8 COM ATRIBUTOS DO SOLO

Barbara de Oliveira Sousa Castro
Anderson Antonio da Conceição Sartori
Flávia Luize Pereira de Souza
Letícia Albano Benites

CAPÍTULO 10 117

DESENVOLVIMENTO DE UM VANT DO TIPO QUADROTOR TOTALMENTE AUTÔNOMO DE ALTA PRECISÃO PARA SENSORIAMENTO REMOTO DE ÁREAS DE VEGETAÇÃO POR CÂMERA MULTIESPECTRAL GEORREFERENCIADA

Thiago Vieira Nogueira Coelho
Lucas Moraes
Rafael Falcí Campos
Luis Carlos Carmo Jr.
Daniel Discini Silveira
André Luis Marques Marcato
Alexandre Bessa dos Santos

CAPÍTULO 11 134

ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ALVOS PRÉ-SINALIZADOS PARA APOIAR LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS REALIZADOS COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Glauber Carvalho Costa
Igor de Carvalho Almeida
Rafael Claudino da Silva
Rafael Bazílio Viana

CAPÍTULO 12 144

ESTUDO SOBRE O EMPREGO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO E ELEVAÇÃO, GERADOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL, PERFILAMENTO A LASER AÉREO, SRTM, TOPODATA, ASTER GDEM V2 E WORLDDEM, COM ÊNFASE EM PROJETOS VIÁRIOS

Glauber Carvalho Costa
Igor de Carvalho Almeida
Rafael Claudino da Silva
Rubens José Souza Galvão
Rafael Bazílio Viana

CAPÍTULO 13 155

FRONTEIRA AGRÍCOLA E A ESTRUTURA DA PAISAGEM NA SUB-BACIA DO RIO RIACHÃO – OESTE DA BAHIA

Crisliane Aparecida Pereira dos Santos
Edson Eyji Sano
Pablo Santana Santos

CAPÍTULO 14 165

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À OCUPAÇÃO IRREGULAR POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO BAIRRO DE GRAMAME, EM JOÃO PESSOA – PB

Erickson Melo de Albuquerque
Cícero Fidelis da Silva Neto
Marcos Leonardo Ferreira dos Santos

CAPÍTULO 15..... 175

ÍNDICES TEXTURAIS DAS ÁREAS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA FLONA DO TAPAJÓS (PARÁ), UTILIZANDO IMAGENS DE MÉDIA RESOLUÇÃO ESPACIAL FUSIONADAS.

Marília Gabriela Lopes da Silva
Tássio Franco Cordeiro
Rodrigo Rafael Sousa de Oliveira
Igor da Silva Narvaes
Alessandra Rodrigues Gomes
Marcos Adami
Lucas José Mazzei de Freitas
Dalton de Morisson Valeriano

CAPÍTULO 16..... 190

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA APOIAR RESPOSTAS A EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS: A EXPERIÊNCIA DA UNIDADE ESTADUAL DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO DURANTE AS INUNDAÇÕES DE 2015 NA BACIA DO RIO ACRE – ACRE/BRASIL

Alan dos Santos Pimentel
Vera Lúcia Reis
Ylza Marluce Silva de Lima
Luiz Alves dos Santos Neto
Diana de Souza Bezerra
Tatiane Mendonça de Lima
Irving Foster Brown

CAPÍTULO 17 201

INDICAÇÃO ESTATÍSTICA DE ÁREAS DE GARIMPO DE AMETISTA COM O USO DE IMAGENS ASTER

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
Silvia Beatriz Alves Rolim
Jefferson Rodrigues dos Santos
Maurício Soares Ortiz
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 18..... 213

MAPEAMENTO DAS ÁREAS OCUPADAS COM PASTAGENS NO TRIÂNGULO MINEIRO-MG

Jorge Luís Silva Brito
Roberto Rosa
Mirna Karla Amorim da Silva

CAPÍTULO 19..... 222

MÉTRICAS DE PAISAGEM NA CARACTERIZAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS POR MEIO DA FUSÃO DA IMAGEM CBERS 4

Caroline Bessi Fávero
Anderson Antonio da Conceição Sartori
Sidnei Fonseca Guerreiro
Victor Munhoz Ruiz
Rosane Maria Kaspary
Martha Santana Martins

CAPÍTULO 20..... 240

MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DAS MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE RORAIMA, NORTE DA AMAZÔNIA

Maristela Ramalho Xaud
Cláudia Maria de Almeida
Haron Abraham Magalhães Xaud

CAPÍTULO 21..... 254

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO LAMINAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA.

Gabriella Santos Arruda de Lima

Nilson Clementino Ferreira

CAPÍTULO 22..... 265

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO MODELO SWAT PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A REGIÃO DE PETROLINA, ESTADO DE PERNAMBUCO

Teônia Casado da Silva

Madson Tavares Silva

Danielle Teixeira Alves da Silva

Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão

Eduardo da Silva Margalho

SOBRE O ORGANIZADOR274

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA APOIAR RESPOSTAS A EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS: A EXPERIÊNCIA DA UNIDADE ESTADUAL DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO DURANTE AS INUNDAÇÕES DE 2015 NA BACIA DO RIO ACRE – ACRE/BRASIL

Alan dos Santos Pimentel

Unidade de Situação de Monitoramento
Hidrometeorológico do Acre
Rio Branco - Acre

Vera Lúcia Reis

Unidade de Situação de Monitoramento
Hidrometeorológico do Acre
Rio Branco - Acre

Ylza Marluce Silva de Lima

Universidade Federal do Acre – UFAC
Rio Branco - Acre

Luiz Alves dos Santos Neto

Serviço de Proteção da Amazônia – Sipam
Porto Velho – Rondônia

Diana de Souza Bezerra

Universidade Federal do Acre – UFAC
Rio Branco - Acre

Tatiane Mendonça de Lima

Universidade Federal do Acre – UFAC
Rio Branco – Acre

Irving Foster Brown

Universidade Federal do Acre - UFAC
Rio Branco – Acre

de abastecimento de água na estação seca. No Acre, a variabilidade interanual do clima e os eventos extremos de chuvas e secas afetam os fluxos dos rios, colocando em risco as populações locais. No ano de 2015, os dados coletados das plataformas telemétricas indicaram valores de 335 e 471 mm de precipitação para Assis Brasil e de 408 e 368 mm para Brasileia, em janeiro e fevereiro, respectivamente, considerados recordes para a região, quando comparados à média de precipitação do período de 1980 a 2014. O resultado dessas fortes chuvas foi o aumento do nível do rio na capital para 18,37 metros, quatro metros acima do nível de inundação, a maior já registrada, afetando 53 distritos, 32 áreas rurais e mais de 100.000 pessoas, com um custo estimado em 200 a 600 milhões de reais. A integração de geotecnologias foi fundamental para o monitoramento do fluxo de água durante essa enchente que afetou todos os municípios ao longo da bacia do Rio Acre. A correlação da precipitação acumulada em bacias hidrográficas com a variação dos níveis dos rios, apoiou as instituições na antecipação dos desastres. O modelo do Hydroestimador elaborado pelo CPTEC foi adotado para indicar possíveis áreas de risco de inundação nos locais sem plataformas, e foi incorporado ao TerraMA2 para gerar alertas de inundação.

PALAVRAS-CHAVE: Estado do Acre, hidroestimador, inundações, plataforma

RESUMO: A Amazônia, em geral, e o Acre, em particular, têm sofrido anualmente com eventos climáticos extremos relacionados a variações nos níveis de chuvas e rios, e conseqüentemente com enchentes na estação úmida e problemas

ABSTRACT: The Amazon, in general, and Acre, in particular, have suffered annually with extreme weather events related to variations in rainfall and river levels, and consequently with wet season floods and dry season water supply problems. In Acre, the interannual climate variability and extreme rainfall and drought events have affected river flows, jeopardizing local populations. In the year 2015, data collected from the PCDs indicated values of 335 and 471 mm of precipitation for Assis Brasil and of 408 and 368 mm for Brasileia, in January and February, respectively, considered records for the region, when compared to the mean of precipitation in these localities for the period from 1980 to 2014. The result of these heavy rains was the rise in the level of the river in the capital to 18.37 meters, four meters above flood level, the highest flood on record, affecting 53 districts, 32 rural areas and more than 100,000 people, with a cost estimated at 200 to 600 million reais. The integration of geotechnologies was fundamental to the monitoring of the flow of water during this flood that affected all municipalities along the Acre River Basin. The correlation of accumulated precipitation in river basins with the variation of river levels, supported several institutions, anticipating disasters. The Hydroestimator was adopted to indicate possible flood risk areas in locations without data collection platforms, and was incorporated into the TerraMA2 platform to generate early flood warnings.

KEYWORDS: Acre State, hydroestimator, floods, TerraMA2 platform

1 | INTRODUÇÃO

A Amazônia, em geral, e o Acre, em particular, têm sofrido anualmente com eventos climáticos extremos relacionados à variação da precipitação pluviométrica e sua intrínseca relação com os níveis dos rios, configurando-se essencialmente em inundações no período de inverno amazônico e problemas de abastecimento de água no período de estiagem prolongada.

Segundo Davidson et al. (2012), o uso inadequado da terra, para a expansão da agricultura, pecuária, exploração madeireira, entre outros aspectos e a variabilidade climática tornaram-se importantes agentes de perturbação na bacia Amazônica.

A variabilidade interanual da precipitação e dos níveis dos rios na Amazônia deve-se em parte, à temperatura da superfície do mar (TSM) e às variações no Pacífico tropical que se manifestam como os extremos do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), e com o gradiente meridional SST no Atlântico tropical ou ainda, a uma combinação de ambos (Espinoza et al., 2012 e Marengo et al., 2013).

As secas e inundações são parte da variabilidade natural do clima na Amazônia, no entanto os extremos resultantes desse processo têm se tornando cada vez mais frequentes e de maior intensidade, com consequências desastrosas para a saúde da população, a economia e os ecossistemas locais.

No Acre, a variabilidade climática interanual e os eventos extremos de chuvas

e secas determinam aumentos e diminuições das vazões dos rios, que colocam frequentemente em risco a população residente nas planícies de inundação em áreas urbanas e rurais (Duarte, 2011). Os últimos doze anos no estado foram caracterizados por cheias e secas severas nos anos 2005, 2010, 2012, 2015 e 2016, alguns dos quais tidos como extremos sazonais com ocorrência “uma vez por século” (Lewis, 2011 e Marengo et al., 2013).

Considerando a vulnerabilidade da população afetada, especialmente nos últimos sete anos consecutivos de inundações, e a necessidade de lidar com extremos no futuro, o Governo do Estado do Acre, em parceria com a Agência Nacional de Águas-ANA, implantou a Unidade de Situação de Monitoramento Hidrometeorológico como estrutura executiva da Comissão Estadual de Gestão de Riscos Ambientais – CEGdRA que funciona como centro operacional de monitoramento hidrometeorológico. O objetivo desta Unidade é identificar ocorrências de eventos críticos, através do monitoramento diário de tempo, clima, níveis de rios, risco de fogo e focos de calor em todo o território do estado, fazendo uso de ferramentas de geotecnologias para um monitoramento mais confiável e capaz de fornecer dados para a geração de alertas antecipados, como subsídios para a tomada de decisão e resposta rápida das defesas civis estaduais e municipais.

Neste sentido este artigo foca na experiência de integração de geotecnologias diferenciadas, aplicando modelos e dados telemétricos para subsidiar a emissão dos alertas antecipados, em situações de desastres de extremos de precipitação e inundações como subsídio para a tomada de decisão por parte das instituições de resposta.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de investigação é o Rio Acre, cuja bacia situa-se na Amazônia Sul-ocidental, compartilhada pelo departamento peruano de Madre de Dios, os estados brasileiros do Acre e Amazonas e o departamento boliviano de Pando (Figura 1).



Figura 1. Localização do Estado do Acre e da Bacia do Rio Acre.

O Rio Acre nasce em território peruano, em cotas da ordem de 400 m e corre na direção Oeste-leste, deixando-o na altura da municipalidade de Iñapari, no Peru e segue fazendo fronteira com Brasil e Bolívia. Percorre mais de 1.190 km desde suas nascentes até a sua desembocadura, na margem direita do Rio Purus. Drena um substrato formado, em grande parte, por unidades geológicas muito jovens - a Formação Solimões e Terraços aluvionares antigos, que acompanham as principais drenagens e os sedimentos recentes dos rios, constituídos principalmente por rochas argilosas e silticas, intercaladas por arenitos finos depositados em um sistema de leques aluviais, facilitando processos erosivos, de deslizamentos de terra e consequente assoreamento dos leitos (ACRE, 2004).

A rede de drenagem da bacia do Rio Acre é caracterizada por rios sinuosos e volumosos, escoando suas águas no sentido Sudoeste a Nordeste, e por estreitas planícies fluviais de deposição de sedimentos retirados pela erosividade das águas sobre as margens (Almeida, 2005 e ACRE, 2006).

O avanço e a ocupação desordenada do solo contribuem com grande aporte de sedimentos, e consequentemente, com sua instabilidade, em especial nos períodos extremos de inundações. Esse comportamento é típico da evolução de rios não estáveis, onde as margens côncavas sofrem erosão pelas correntes rotacionais e as margens convexas apresentam assoreamento (Almeida, 2005), a exemplo do Bairro Leonardo Barbosa em Brasileia, fragmentado com a força das águas oriundas da inundação de 2015.

2.2 Metodologia de Trabalho

Para monitoramento das condições dos rios, bem como para a emissão dos alertas antecipados, via Plataforma TerraMA2, a precipitação acumulada foi obtida a partir do Hidroestimador. Neste período de estudo foram realizadas as seguintes atividades:

a) Levantamento dos dados: foram adquiridos dados da estimativa de precipitação do modelo hidroestimador, que possui grade 4 x 4 km. Este produto é resultado de um método que estima automaticamente a precipitação por meio de uma relação empírica exponencial entre a precipitação estimada por radar e a temperatura de brilho do topo das nuvens extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-13, gerando taxas de precipitação acumuladas em 24h. (SCOFIELD, 2001).

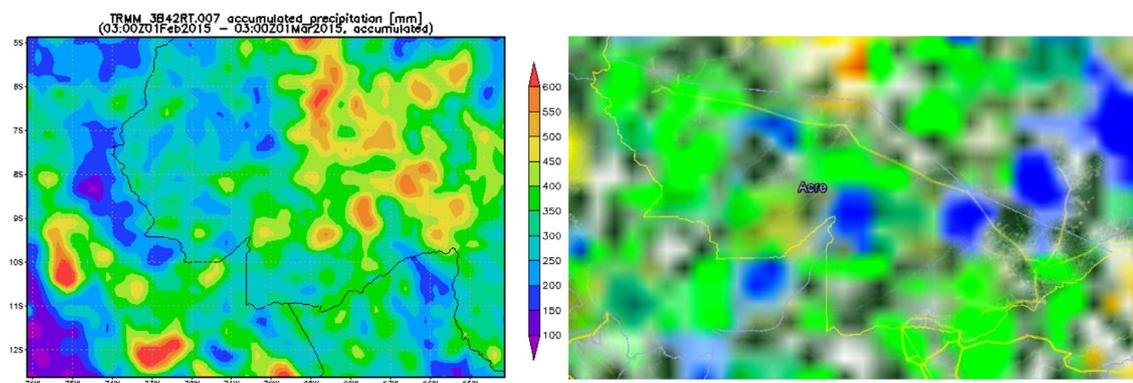
b) Processamento: os dados brutos do hidroestimador no formato binário foram adquiridos via FTP (File Transfer Protocol) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. Através da Plataforma de monitoramento, análise e alerta TerraMA2, desenvolvida no Departamento de Processamento de Imagem (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), adaptada e instalada na Unidade de Situação de Monitoramento Hidrometeorológico do Estado do Acre, realizou-se a conversão dos mesmos em formato binário para TIFF, possibilitando a manipulação das informações em software SIG. Com os dados no formato TIFF dentro do SIG, uma nova paleta de cores foi aplicada, bem como a inserção de informações adicionais da rede hidrográfica, como a divisão de sub bacia, e as cidades, facilitando o processo de localização das áreas de concentração dos maiores núcleos de precipitação.

c) Análise: os dados brutos foram transformados em mapas temáticos de estimativa de precipitação, com enfoque nos maiores núcleos de chuva acumulada no período de 24 horas. Assim, foi possível analisar a sua relação com o nível dos rios nas sub bacias mais afetadas. Ao mesmo tempo, a Plataforma TerraMA2 ligada a um conjunto de geotecnologias pode interagir com outros bancos de dados, sendo capaz de coletar e analisa-los, gerando informações que puderam ser lidas, processadas e aplicadas para criação e notificação de alertas. No período de análise vários alertas foram gerados e utilizados pelo Comitê de Alagação instalado no Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Acre – CBMAC e na Coordenação Estadual de Defesa Civil - Cedec.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2015, o aumento significativo da vazão e do nível do Rio Acre nos principais municípios ao longo da bacia deveu-se ao grande volume de precipitações em pequeno período de tempo. Durante o mês de janeiro a precipitação acumulada em grande parte do estado do Acre variou de 300 a 400 mm, considerada acima da

normalidade. Tanto em janeiro como em fevereiro de 2015, os volumes registrados foram superiores à média dos totais mensais, principalmente nas estações de Assis Brasil (COD 13450000), e Brasileira (COD 13460000), na parte alta da bacia do Rio Acre. Conforme estimativa elaborada a partir do Satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission - <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/getpage.pl>), no mês de fevereiro, os volumes de chuva na bacia do Rio Acre oscilaram entre 350 e 450 mm (Figuras 2 e 3).



Figuras 2 e 3. Precipitação acumulada em fevereiro de 2015 estimada pelo satélite TRMM no Acre (esquerda) e a anomalia em relação à média (direita).

Fonte: TRMM (Nasa/Jaxa)

Extremos diários de chuva na bacia do Rio Acre e suas contribuições para os acumulados durante semanas e meses implicam em níveis do rio acima da cota de alerta - 13,5 m (Duarte, 2011). Em março de 2015, medida realizada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM/PV registrou uma vazão de 3.499,0 m³/s para a cota 18,34 m no Rio Acre em Rio Branco, considerada histórica para a região.

As chuvas que promoveram as inundações em Assis Brasil, iniciaram na parte mais alta da bacia - na área de influência da Estação Ecológica do Rio Acre - ESEC, situada na base do Instituto Chico Mendes da Biodiversidade – ICMBio, a aproximadamente 70 km em linha reta, a Oeste e montante da cidade de Assis Brasil, no dia 18 de fevereiro de 2015, com acumulados variando de 26 a 150 mm, seguidas por precipitações que superaram os 200 mm acumulados em 24 horas no município, no dia 19 de fevereiro, conforme dados do Hidroestimador. Nesse intervalo de tempo, a plataforma de coleta de dados – PCD instalada em Assis Brasil, registrou uma variação de nível no Rio Acre de 4,02 m, no dia 17 de fevereiro, para 13,24 m no dia 19 de fevereiro de 2015 (Figura 6).

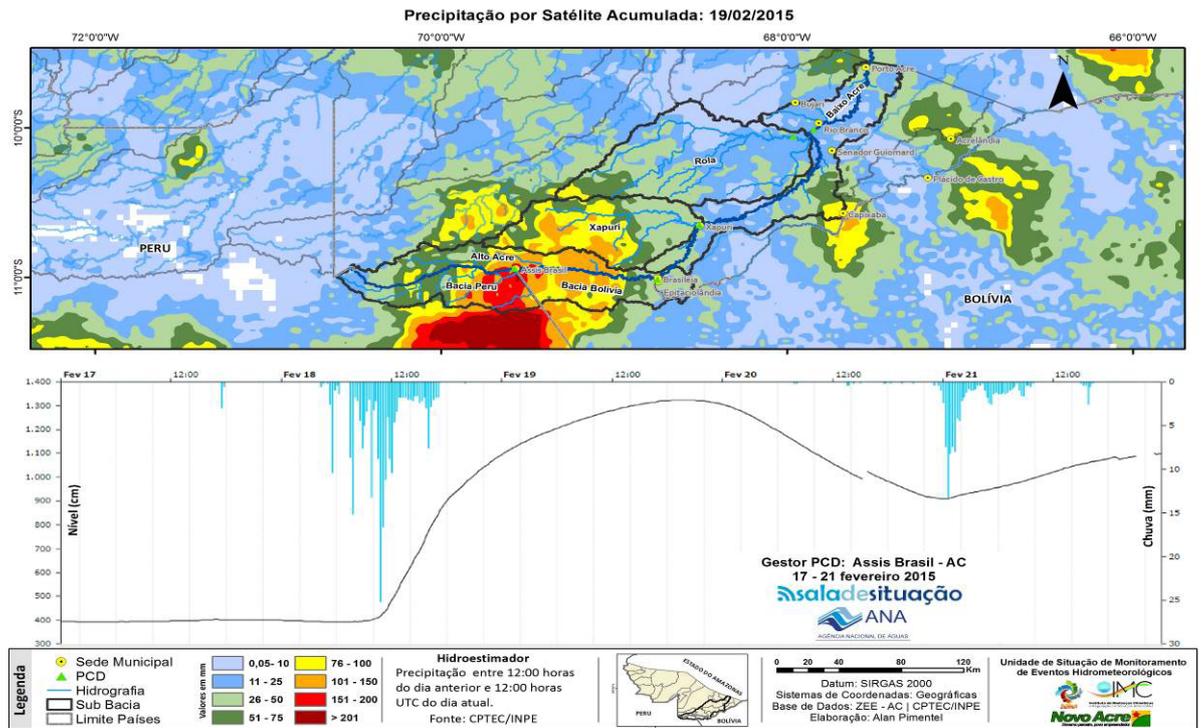


Figura 6. Precipitação acumulada por satélite em 19/02/2015 - dados do Hidroestimador e nível do Rio Acre na PCD de Assis Brasil (COD 13450000), indicado no Gestor PCD.

Fonte: <http://gestorpcd.ana.gov.br/Mapa.aspx> e www.cptec.inpe.br

Ainda no dia 18 de fevereiro a área de influência dos municípios de Brasileia, Epitaciolândia e Xapuri também foram alvos de grandes volumes de precipitação, com acumulados oscilando entre 50 e 200 mm em 24 horas, segundo dados do Hidroestimador. No dia 19 de fevereiro as chuvas continuaram afetando a região com acumulados de até 150 mm em 24 horas (Figura 6).

No dia 21 de fevereiro, as chuvas voltaram a afetar a região do Alto Acre, com acumulados de 24 horas em torno dos 110 mm em Assis Brasil. A área de influência do Riozinho do Rola, no município de Rio Branco, apresentou valores acumulados de até 150 mm de chuva nessa data (Figura 7). Com a sequência de precipitações desde a ESEC Rio Acre, os níveis do Rio Acre, nas localidades descritas superaram suas cotas de transbordamento. Em Assis Brasil o nível do rio chegou a 13,24 m no dia 19/02 (cota de alerta 11,3 m e de transbordo 12,5 m); em Brasileia, com cota de alerta de 9,8 m e de transbordamento 11,4 m, chegou a 15,41 m no dia 24 de fevereiro – valor considerado histórico para o município, afetando mais de 80% do perímetro urbano da cidade; em Xapuri o rio chegou aos 16,32 m, para 12,5 m de cota de alerta e 13,4 m de transbordamento (Figura 7).

Com o volume de água oriundo de montante (região do Alto Acre) e as precipitações ocorridas no município a partir de 21 de fevereiro, o Rio Acre em Rio Branco saiu de sua cota de transbordamento – 14 m, no dia 22 de fevereiro, culminando com o nível histórico de 18,37 m, no dia 04 de março, segundo dados da plataforma telemétrica da Agência Nacional de Águas - ANA (COD 13600002) (Figura 7).

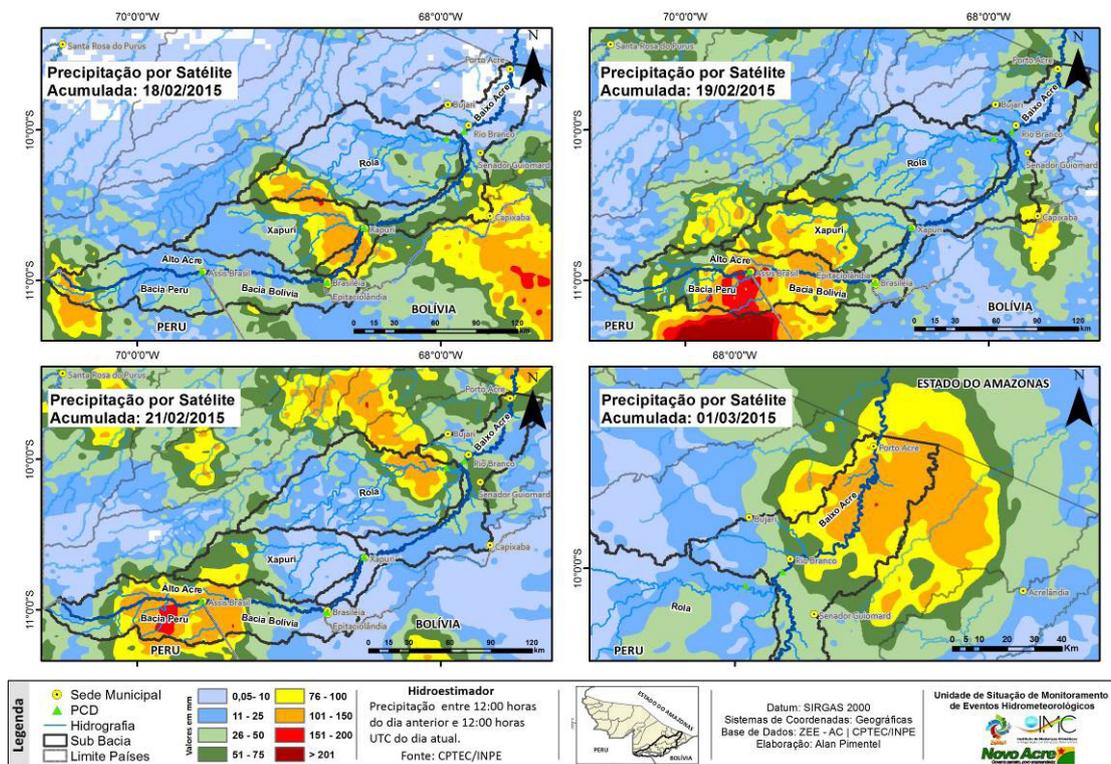


Figura 7. Acumulados de 24 horas de precipitação - por satélite, via dados do Hidroestimador.

Fonte: www.cptec.inpe.br

No dia 01 de março de 2015, o Hidroestimador indicou acumulados de 24 horas de até 150 mm na área de influência do município de Porto Acre, imediatamente a jusante de Rio Branco (Figura 7). Considerando que o município já se encontrava sob a influência dos volumes de água oriundos de montante, e o fato de o mesmo não possuir plataforma de coleta de dados, o Hidroestimador associado aos alertas emitidos pela Plataforma TerraMA2, foi o principal referencial para a resposta da Defesa Civil na localidade.

Os dados de precipitação estimada por satélite são disponibilizados a cada 30 minutos e são capturados e analisados pela Plataforma TerraMA2, retornando com a estimativa média de precipitação acumulada para cada sub bacia. Caso o resultado dos valores analisados atinja os limiares de alerta, uma notificação é emitida, informando o nível do alerta local e a estimativa de precipitação acumulada.

A Figura 8 mostra a série histórica dos alertas emitidos para bacia do Rio Acre no período monitorado. O primeiro alerta foi emitido as 02:30h (GMT) do dia 18 de fevereiro de 2015 e nesse mesmo horário as sub bacias do Xapuri e Bolívia entram em estado de observação. As 11:30 (GMT) todas as sub bacias entram em diferentes níveis de alerta, com destaque para as sub bacias do Alto Acre, Peru e Bolívia, onde localiza-se a tríplice fronteira (Madre de Dios-PE, Acre-BR e Pando-BO), que entram em alerta máximo, devido ao maior acumulado de precipitação a partir das 14:30 (GMT).

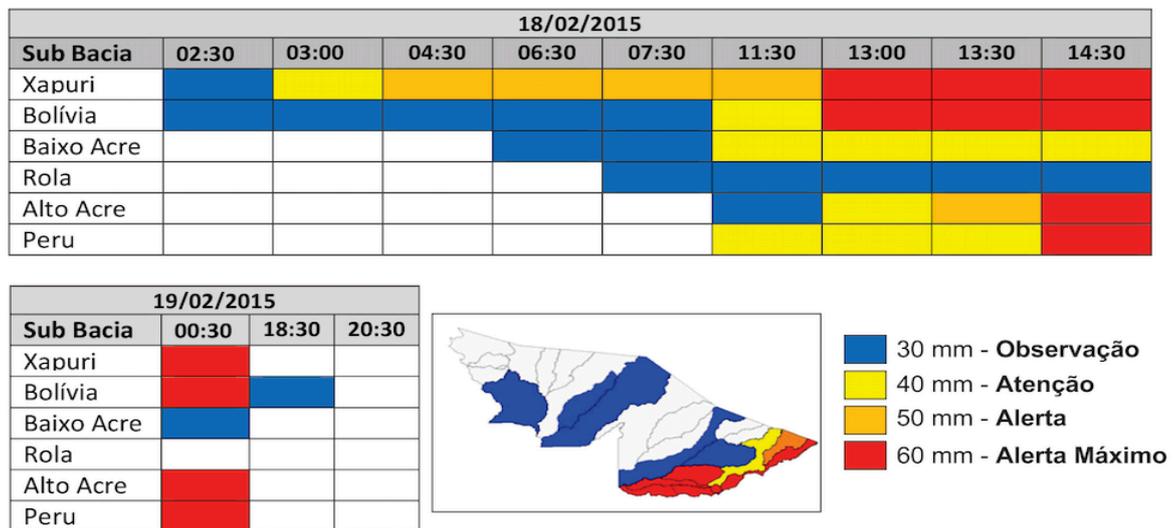


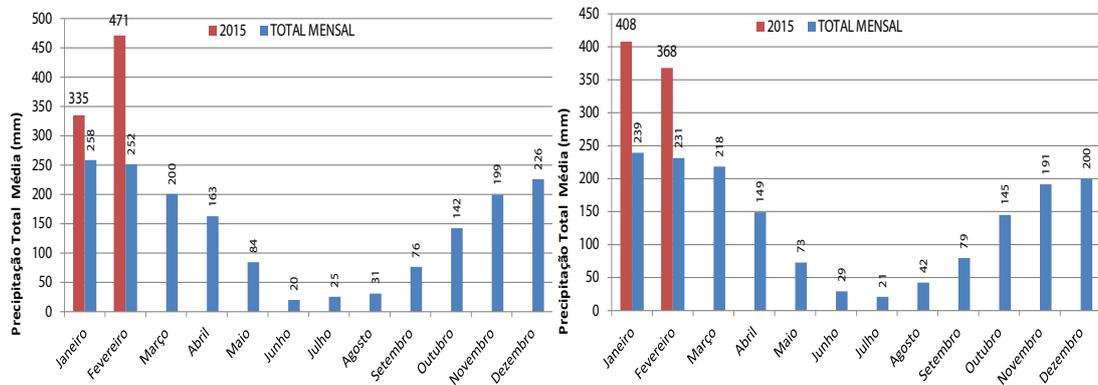
Figura 8. Alertas de estimativa de precipitação emitidos pela Plataforma TerraMA2, horário GMT.

Das 14:30 (GMT) do dia 18 de fevereiro de 2015 o alerta máximo de precipitação acumulada se estendeu até 18:30h (GMT) do dia 19 de fevereiro de 2015 nas áreas das sub bacias do Alto Acre, Peru, Bolívia, Xapuri e Riozinho do Rola, conforme mapa da Figura 8.

Nesse sentido, a Plataforma TerraMA2, ligada a um conjunto de geotecnologias, pôde interagir com outros bancos de dados, tendo sido capaz de coletar, processar e analisar dados, gerando informações que puderam ser lidas e aplicadas para a criação e emissão de alertas antecipados.

O mapa de distribuição e quantificação das precipitações acumuladas (24 horas) era elaborado toda manhã para uso na Sala de Resposta da Defesa Civil, a partir do qual técnicos da Assessoria Indígena e da Secretaria de Estado de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar - Seaprof, faziam buscas ativas de indígenas e produtores rurais afetados pelas inundações no interior do estado, em especial na região do Rio Gregório e do município Porto Acre, respectivamente.

No ano de 2015, dados coletados das PCDs indicaram valores de 335 e 471 mm de precipitação para Assis Brasil e de 408 e 368 mm para Brasileia, em janeiro e fevereiro respectivamente, considerados históricos para a região, quando comparados a média da precipitação nessas localidades no período de 1980 a 2014 (Figuras 9 e 10).



Figuras 9 e 10. Precipitação média (1980 a 2014) e total observada em janeiro e fevereiro de 2015, em Assis Brasil (COD 01069000) (esquerda) e em Brasileira (COD 0096800) (direita)

O resultado deste evento elevou o nível do Rio Acre na capital Rio Branco para 18,37 m, quatro metros acima da cota de transbordamento, sendo a maior inundação já registrada na capital, atingindo 53 bairros, 32 áreas rurais e mais de 100.000 pessoas, representando aproximadamente 34% do município de Rio Branco, e uma despesa estimada entre 200 e 600 milhões de reais (Dolman, 2016).

4 | CONCLUSÃO

O Hidroestimador, associado aos dados das plataformas telemétricas, foi fundamental para o monitoramento do caminhamento das águas durante esta inundação, que afetou todos os municípios ribeirinhos ao longo da bacia do Rio Acre. A correlação das precipitações acumuladas espacializadas e quantificadas na bacia, com a variação dos níveis dos rios, subsidiou a tomada de decisão por parte do Governo do Estado, bem como a atuação das Defesas Civas, da Assessoria Indígena e da Secretaria de Estado de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar, na evacuação das comunidades indígenas e dos ribeirinhos, evitando desastres e evacuando as áreas de risco em tempo hábil.

Assim, para monitoramento da precipitação em todo o território do estado do Acre, passou-se a utilizar os dados do Hidroestimador, para indicar possíveis áreas de risco de inundação nas localidades sem plataformas telemétricas, associados aos alertas antecipados gerados e emitidos pela Plataforma de Monitoramento Ambiental TerraMA2.

REFERÊNCIAS

ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA. **Diagnóstico das bacias do Rio Acre e do Rio Purus**. Rio Branco, Acre. 2004. 84 p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. Fase II**. Documento Síntese. Rio Branco. 2006. 179 p.

Almeida, H.D.F. **Mineralogia, geoquímica, fertilidade e origem dos sedimentos de praia (barra em pontal) das bacias dos rios Purus e Juruá no Estado do Acre**. 2005. 172 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Pará, Belém. 2005.

Davidson, E. A., A. C. de Araujo, P. Artaxo, J. K. Balch, I. F. Brown, M. M. C. Bustamante, M. T. Coe, R. S. De Fries et al. **The Amazon basin in transition**. Nature 481, p. 321–328. 2012.

Dolman, D. **O impacto socioeconômico da inundação de 2015: dados preliminares**. Rio Branco, Acre. 2016.

Duarte, A. F. **Sazonalidade de alagações e secas na capital do Acre, Rio Branco, Amazônia Ocidental**. Disponível em: <http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/75401263981187540126398.pdf>. Acesso em:12.nov.2016.

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J. L., Junquas, C., Guillaume Drapeau, G., Martinez, J.M., Santini, W., Vauchel, P., Lavado, W., Ordoñez, J. and Espinoza, R. **From drought to flooding: understanding the abrupt 2010–11 hydrological annual cycle in the Amazonas River and tributaries**. Environ. Res. Lett. 7. (024008), p. 1-7. 2012.

Lewis, S. L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G. M. F. Van Der Heijden, And D. Nepstad. **The 2010 Amazon drought**. Science, p. 331- 554, 2011.

Marengo, J. A., L. Borma, D. Rodriguez, P. Pinho, W. Soares And L. Alves. **Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and Hhuman adaptation**. American Journal of Climate Change 2 (2), p. 87-96, 2013.

Scofield, R.A. (2001). **Comments on “A quantitative assessment of the NESDIS Auto-Estimador”**. Weather and Forecasting (16), p. 277-278. 2001.

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 978-85-85107-48-2



9 788585 107482