



**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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P197	<p>Pantanal [recurso eletrônico] : o espaço geográfico e as tecnologias em análise / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.</p> <p>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</p> <p>1. Biodiversidade. 2. Ecossistemas – Brasil. 3. Pantanal. I. Zuffo, Alan Mario.</p> <p style="text-align: right;">CDD 577.0981</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2271929031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2271929032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2271929033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2271929034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2271929035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
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**

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

### **Herondino dos Santos Filho**

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP  
Macapá – AP, Brasil

### **Marcelo José de Oliveira**

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP  
Macapá – AP, Brasil

### **Darren Norris**

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP  
Macapá – AP, Brasil

**RESUMO:** Macapá encontra-se na planície do estuário amazônico, onde a baixa altitude é revelada pela tipificação de suas áreas inundadas, localmente chamadas de “ressacas”. Estas áreas de proteção ambiental tornam-se áreas de risco, pois comumente são ocupadas pela população de baixa renda, podendo ainda apresentar um problema mais grave com a elevação do nível do mar. A compreensão de sua elevação em relação ao nível do mar deve ser uma preocupação constante principalmente do setor público para ações resilientes e mitigadoras nas esferas socioambientais. A modelagem numérica do perímetro urbano da cidade pode permitir um planejamento que dê respostas em caso de desastres ambientais, quanto às ações a serem tomadas, pelo conhecimento de sua altimetria. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de um mapa altimétrico (hypsométrico) do perímetro urbano

da cidade de Macapá na escala 1:100.000, utilizando os produtos oferecidos pelo INPE como os insumos do TOPODATA, a ferramenta do Laboratório de Agricultura e Floresta - LAF e do software SPRING. Os resultados mostram que a correlação entre os dados LAF e os obtidos pelo TOPODATA são bastante significativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** hipsométrico, TOPODATA, LAF, altimetria, ressaca.

**ABSTRACT:** Macapá is a city located on the floodplain of the Amazon estuary, where low altitude results in areas frequently flooded by storm surges, locally known as “ressacas”. However, urban expansion across the floodplains means that these areas of environmental protection are transformed into areas of socio-environmental risk. These “ressaca” areas are commonly occupied by low-income populations, and the risks may become a more serious problem with predicted sea level rise. To enable the development of protection and mitigation actions in the social and environmental spheres a more detailed understanding of the elevation relative to sea level should be a constant concern mainly in the public sector. The numerical modeling of the altitude of the urban perimeter of the city can allow the planning of appropriate response actions in the event of environmental disasters. This study aimed to produce a hypsometric altimetry map of the

urban perimeter of the city of Macapá at 1:100,000 scale, using the products offered by INPE, specifically TOPODATA, a tool from the Agriculture and Forest Laboratory (“Laboratório de Agricultura e Floresta”- LAF) and SPRING software. The results show that the correlations between results of LAF and TOPODATA are highly significant.

**KEYWORDS:** hypsometric, TOPODATA, LAF, altimetry, floodplain.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em qualquer estudo que descreva algum tipo de fenômeno espacial, ou de dados que tratam da superfície da terra, não há dúvidas de que a melhor maneira de analisá-los é por meio de uma representação gráfica, de visualização mais tangível, como um mapa ou um modelo numérico de terreno (MNT). Um modelo numérico de terreno (MNT) ou ainda também chamado modelo digital de elevação (MDE), é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre (Câmara et al, 2001). Segundo Valeriano (2008), os modelos digitais de elevação (MDE) são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel.

Uma grande quantidade de dados altimétricos foram disponibilizados para toda América do Sul em meados de 2003, por meio da Missão Topográfica por Radar ou *Shuttle Radar Topographic Mission* - SRTM. A SRTM foi uma missão espacial liderada pela agência espacial americana *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e envolveu as agências espaciais da Alemanha (*Deutschen Zentrum für Luft - und Raumfahrt* - DLR) e Itália (*Agenzia Spaziale Italiana* - ASI) (Araujo, 2006 apud Valeriano, 2005).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE por meio da iniciativa TOPODATA, apresentou uma quantidade significativa de variáveis locais derivadas dos dados SRTM para todo o Brasil, que estão disponíveis gratuitamente. Estes dados foram refinados da resolução espacial original de 3 arco-segundos (~90m) para 1 arco-segundo (~30m) pelo método de krigagem (Valeriano, 2008).

O INPE também é o responsável pela disponibilização do Laboratório de Agricultura e Floresta – LAF, que mediante cadastro em sua plataforma virtual, fornece dados de séries temporais MODIS em aplicações de análises de mudanças de uso e cobertura da terra, calcula os valores do índice de vegetação e precipitação. Além de fornecer a visualização dentro do perímetro circunscrito de um determinado raio, a altimetria de qualquer ponto da área de estudo. Segundo Batista Filho et al. (2013), o fácil manuseio e o acesso que o programa LAF oferece constitui uma boa fonte de obtenção de dados altimétricos, tendo o cuidado de respeitar as suas limitações, relacionadas ao uso em altitudes elevadas e distorções com o efeito espelho geradas em vales estreitos, situação não observada na região objeto de estudo desta pesquisa.

## 2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi de elaborar um mapa altimétrico – hipsométrico - confiável do perímetro urbano da cidade de Macapá. Segundo Simm (2011), o mapa hipsométrico é um fatiamento em cores da superfície gerada pelo modelo numérico de terreno, ou MDE. Para esse fim será utilizado como instrumentos, insumos e dado SRTM disponíveis no TOPODATA/INPE, o Laboratório de Agricultura e Floresta – LAF e o SPRING 5.3, com o propósito de verificar a elevação média da cidade de Macapá, em especial, das áreas de preservação ambientais denominadas “ressacas”, as quais segundo Santos Filho (2011), abrangem cerca de 20% do perímetro urbano da sede de Macapá. A cidade é capital do estado do Amapá, e está situada na planície do estuário da foz do Amazonas, estando, portanto, sujeita à ação de marés. Em função disso, é comum durante a estação chuvosa e as marés de sizígia a ocorrência de alagamentos, sobretudo, nas áreas mais baixas e de ressaca. O que denota, ainda mais a importância de dados altimétricos como os gerados pelo presente estudo.

As áreas de ressaca são campos de inundação de grande extensão e alimentadas por um sistema complexo de bacias hidrográficas inseridas no perímetro urbano da cidade de Macapá. São espaços de relevante interesse ambiental e urbano, pois funcionam como elementos naturais de drenagem, corredores de circulação de vento, além de abrigar uma biodiversidade característica que agregam qualidade ambiental à cidade. Todavia, vem sendo francamente ocupados pela população de baixa renda, que encontra um espaço “gratuito” para a construção de suas moradias. A falta de políticas públicas para o ordenamento das ressacas, associada à ineficiência de fiscalização vem contribuindo para o aumento da ocupação e degradação socioambiental desses ecossistemas. Segundo Acselrad (2004), a desigualdade ambiental é sem dúvida uma das principais expressões da desigualdade social, em que “os pobres estão mais expostos aos riscos devido à localização de suas residências, mais vulneráveis a enchentes, a ação do esgoto a céu aberto, além do lançamento de rejeitos sólidos”.

## 3 | MATERIAL E MÉTODOS

De forma sistemática e ordenada a elaboração e validação da carta hipsométrica de Macapá, seguiu os seguintes procedimentos metodológicos: delimitação da área de estudo, aquisição de imagem, processamento de imagem, geração de modelo digital de elevação e avaliação do mapeamento.

### 3.1 Delimitação da área de estudo

O perímetro urbano da cidade de Macapá, capital do estado do Amapá, foi objeto de estudo deste trabalho. A área investigada se insere no retângulo envolvente definido pelos paralelos 0° 3' 27" e 0° 6' 45" Latitude sul e norte respectivamente, e meridianos

51° 12' 17" e 51° 0' 15" Longitude oeste (**Figura 1**).

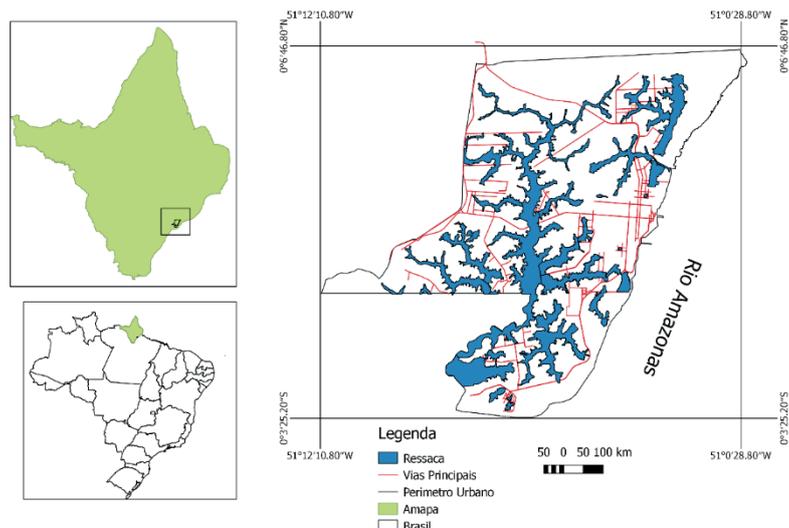


Figura 1. Localização da área de estudo – Macapá-AP

A delimitação desta área foi o primeiro passo para a elaboração do modelo digital de elevação.

### 3.2 Aquisição da imagem

Procedeu-se a aquisição da imagem junto ao Projeto TOPODATA do INPE em seu formato Geotiff. Esses dados foram elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores (INPE, 2015). Também no INPE se obteve, de forma gratuita, o software SPRING versão 5.3, utilizado em/no processamento das imagens (CÂMARA, 1996).

Os dados estão todos dispostos em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, portanto, em folhas de 1° de latitude por 1,5° de longitude. Para a área de estudo obteve-se duas quadrículas, haja vista a peculiaridade da cidade de Macapá ser cortada pela linha do Equador, estando à primeira no hemisfério sul e de notação: 00s525, ou seja, latitude 0° sul e longitude 52° e 30'. Enquanto que a segunda quadrícula se encontra no hemisfério norte de notação: 01n525, ou seja, latitude 1° norte e longitude 52° e 30'.

### 3.3 Processamento da imagem

Após o download da imagem no TOPODATA, e para que a sua leitura fosse feita no SPRING, foi criado um projeto contendo os paralelos 0° 59' 59" e 1° 0' 2" Latitude S e N, respectivamente, e meridianos 52° 29' 59" e 50° 59' 58" Longitude W. Em seguida, foi feito o mosaico com o interpolador vizinho mais próximo e também o seu recorte com o shapefile do perímetro urbano da cidade fornecido por Santos Filho (2013), conforme mostra a **Figura 2**.

Ademais, foi elaborado um novo projeto denominado Macapa, com os seguintes parâmetros:

- Sistema de projeção cartográfica: UTM/DATUM – SIRGAS 2000
- Meridiano central: 51o WGr na Zona: 22
- Coordenadas: GMS e Hemisférios: Norte e Sul;
- Coordenadas do retângulo envolvente:  
o 51° 12' 17"; s 0° 3' 27"(Canto esquerdo inferior)  
o 51° 0' 15"; n 0° 6' 45"(Canto direito superior)

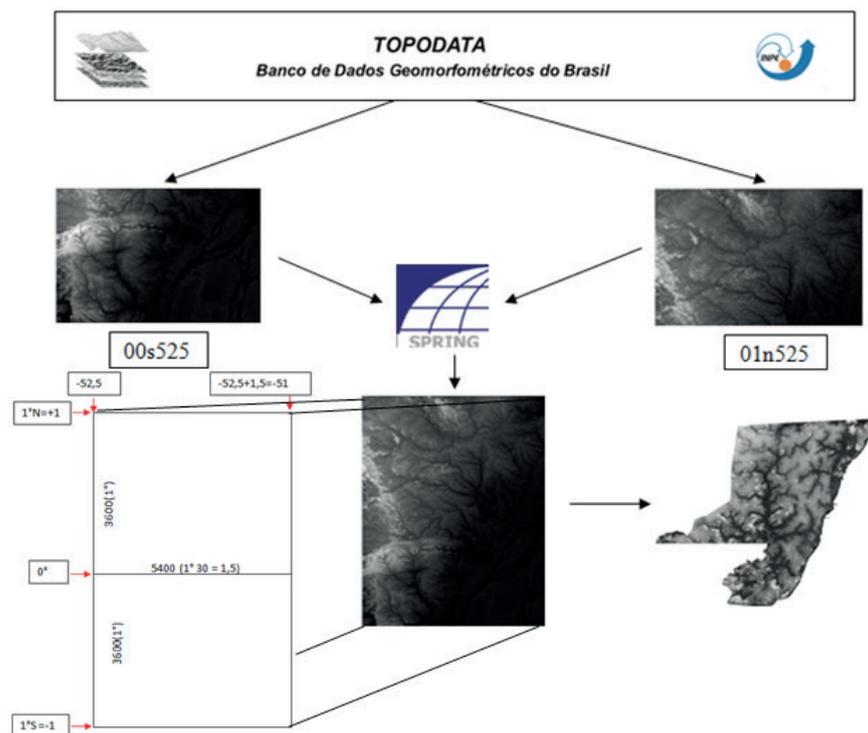


Figura 2. Fluxograma da Criação do Mosaico.

A partir deste novo projeto foi construído o modelo de dados para elaboração do mapa hipsométrico.

### 3.4 Geração do mapa altimétrico (hipsométrico)

A **Figura 3** mostra os procedimentos adotados para o tratamento dos dados obtidos junto ao TOPODATA.

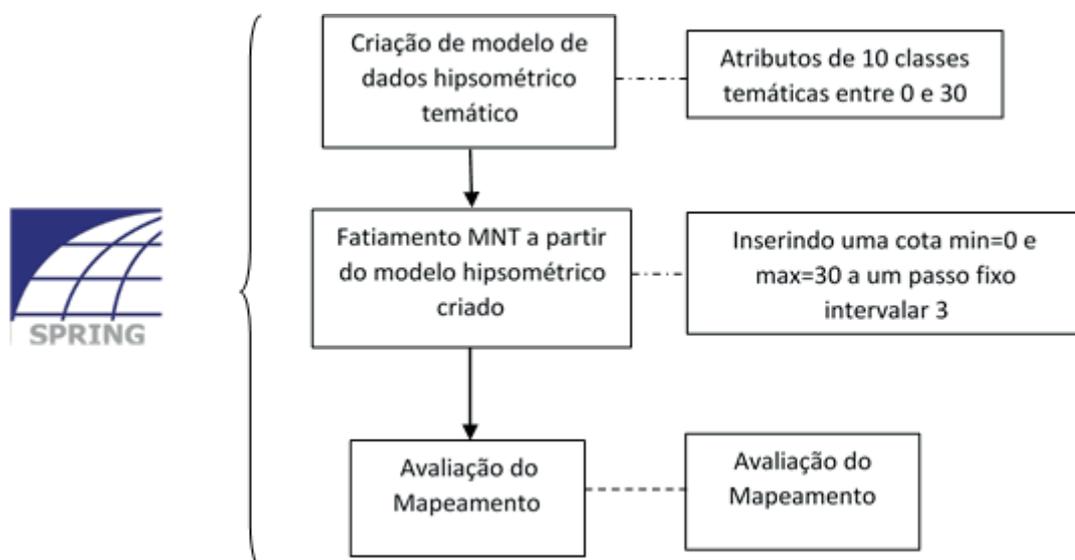


Figura 3. Fluxograma do processamento da imagem Geotiff no SPRING

Inicialmente foi feita a criação do modelo de dados temático e os atributos das suas classes. A seguir, procedeu-se o fatiamento, onde se definiu os limites: do valor da cota mínima (0) e máxima (30 m), baseados em valores próximos dos mínimo e máximo registrados nos dados fornecidos pela própria imagem do TOPODATA. A seguir definiu-se o intervalo de fatiamento em 3 metros, o qual se julgou ser o adequado para a representação de dez classes entre 0 e 30 metros em respectivo intervalo (3m).

### 3.5 Avaliação do Mapeamento

Para dar confiabilidade ao produto cartográfico gerado, os dados do TOPODATA são comparados com os dados fornecidos pelo LAF, gerando modelos de regressão linear simples entre as duas fontes de dados.

A comparação dos dois modelos foi precedida da aquisição de 32 amostras de coordenadas GMS obtidas no LAF, abrangendo toda área do perímetro urbano da cidade de Macapá, e por meio da função de posicionar cursor do Spring e suas operações métricas na carta gerada. Os dados de elevação apresentados no gráfico polar são obtidos dos modelos de elevação disponíveis no globo em que o círculo oportuniza a escolher os valores de todo o perímetro percorrido de um círculo em dada coordenada. Neste trabalho o raio do círculo foi de 200 m, obtendo-se os pontos de maior elevação (Max) e os de menor elevação (Min).

A avaliação do mapeamento também teve a análise estatística por meio dos seguintes parâmetros: Coeficiente de Pearson [R], Coeficiente de Determinação [R<sup>2</sup>], Erro médio (*Mean Error*), o Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Médio Percentual (EMP) e análise dos gráficos obtidos.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Carta hipsométrica

Os resultados contam com o mapeamento hipsométrico da área do perímetro urbano da cidade de Macapá em escala de 1:100.000 com 10 classes altimétricas, com uma variação mínima de 0(zero) metros até uma elevação máxima de 30 (trinta) metros de altura conforme mostra a **Figura 4**. No mapa é possível observar a abrangência das áreas de ressacas em tonalidade de azul no perímetro urbano, as quais se encontram a uma elevação entre 0 e 6 metros de altitude, num total de 17,9% deste perímetro. A maior altitude encontrada no perímetro urbano da cidade de Macapá encontra-se entre 24 a 30 metros de altitude, somando um valor de 1,5% deste total. Os valores de 27 à 30 m de elevação é de apenas 0,2%.

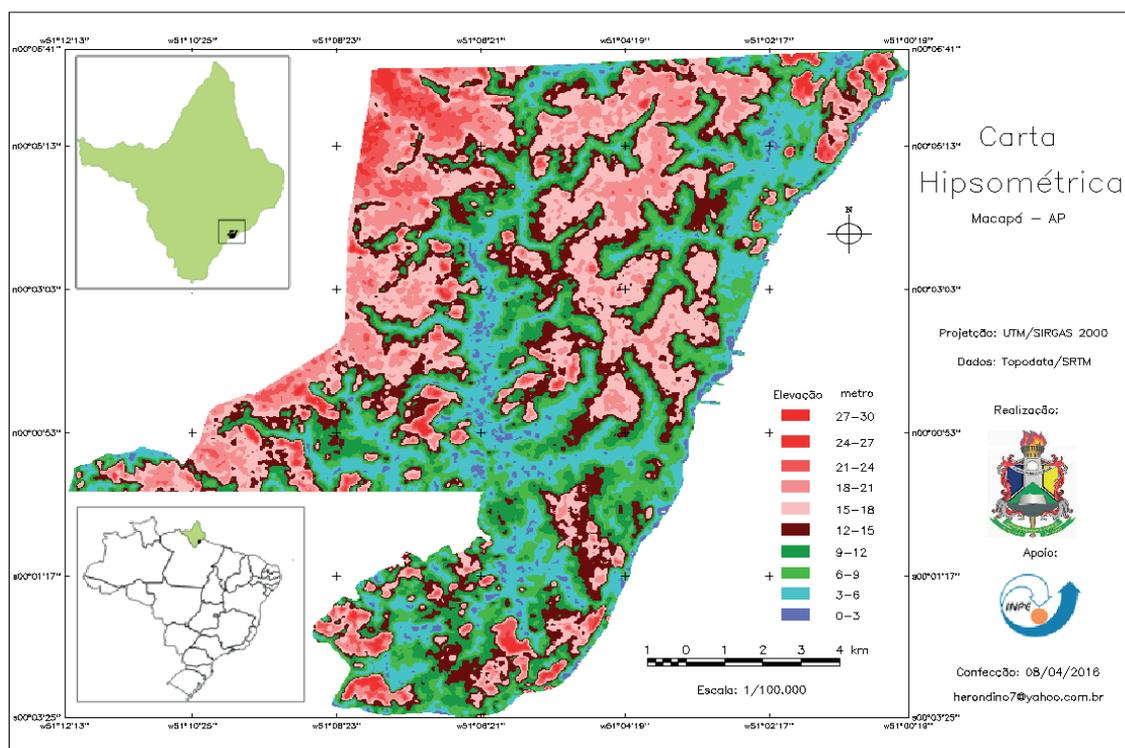


Figura 4. Carta Hipsométrica com intervalo entre as classes de 3m de Macapá-AP

Outro fator relevante a ser observado pela carta hipsométrica (**Figura 4**), é verificar que a altitude da zona sul da cidade de Macapá é visivelmente mais baixa que a altitude da zona norte. Na zona sul a elevação predominante vai até 12 metros e na zona norte essa é mais equilibrada entre os outros valores das classes altimétricas.

Há também uma zona de transição (6-9m) entre a área de ressaca e a porção seca que se encontra em verde claro. Esta responde por 14,7% do perímetro urbano. Esta porção é em grande parte utilizada para o escoamento das águas da chuva para as áreas de ressaca; abrangendo também a mata ciliar, conforme apresenta a **Tabela 1**.

A Tabela 1 mostra ainda que 98,5% da elevação da cidade de Macapá encontram-

se entre 0 e 24 metros de altitude e 83,0% é de 0 a 18 metros.

Altitude (m)	Área (Km <sup>2</sup> )	%	fa %
0-3	3,56	1,9%	1,9%
3-6	29,41	16,0%	17,9%
6-9	27,05	14,7%	32,6%
9-12	27,37	14,9%	47,5%
12-15	31,68	17,2%	64,8%
15-18	33,63	18,3%	83,0%
18-21	21,20	11,5%	94,6%
21-24	7,20	3,9%	98,5%
24-27	2,40	1,3%	99,8%
27-30	0,37	0,2%	100,0%
<i>Total</i>	183,87	100,0%	-

Tabela 1 – Áreas das classes hipsométricas

## 4.2 Avaliação/validação do mapeamento

As 16 primeiras amostras apresentadas na **Tabela 2** foram obtidas em terra firme e as 16 seguintes foram centradas em áreas inundadas periodicamente, conhecidas como ressacas. As médias de elevação encontradas para o mínimo valor em terra firme, tanto do modelo LAF quanto do modelo TOPODATA foram 12,10 e 11,06 metros respectivamente. Na área de ressaca, esses valores caem para 4,0 e 1,3 metros no modelo LAF e TOPODATA respectivamente. Para as médias de elevação de máximo valor em terra firme, foram de 18,10 e 18,37 para os modelos LAF e TOPODATA respectivamente. As medidas máximas de elevação para as áreas de ressacas são de 9,9 para ambos os modelos.

nº	Coordenadas GMS		REFERÊNCIA	LAF		TOPODATA	
	LAT	LONG		min	max	min	Max
1	n 00 04 30.29	o 51 07 58.15	P_LagoaAzul	19.3	22.9	15	21
2	n 00 05 18.76	o 51 07 01.47	Amazonas	12.9	23.9	15	24
3	n 00 04 06.21	o 51 05 16.63	Infraero	14.1	17.7	15	21
4	n 00 05 27.05	o 51 02 59.69	Lago da vaca	9.6	19.4	9	18
5	n 00 04 46.73	o 51 01 46.61	FazendaNorte	4.1	8.1	3	6
6	n 00 03 09.55	o 51 04 11.84	Aeroporto	15.0	19.5	12	21
7	n 00 00 51.98	o 51 08 30.52	P_LagoDuka	9.0	12.0	9	15
8	s 00 00 20.71	o 51 05 00.57	Unifap	14.1	16.8	12	18
9	n 00 02 05.8	o 51 05 08.52	Bis	13.4	18.5	12	21
10	n 00 01 24.37	o 51 04 28.12	BancoBuri	16.6	19.5	15	21
11	s 00 02 05.58	o 51 05 04.52	JK	14.6	19.7	15	24
12	s 00 02 29.37	o 51 05 49.17	jk_Bosque	13.1	26.8	9	24
13	s 00 03 10.49	o 51 06 45.42	Fazendinha	7.2	10.0	9	12
14	s 00 02 38.13	o 51 07 26.05	Jk_Amiraldo	4.6	9.3	3	9
15	n 00 01 32.38	o 51 07 33.98	GoiabalCurva	13.0	17.0	12	18

16	n 00 00 52.21	o 51 07 17.99	GoiabalMeio	13.6	28.0	12	21
17	s 00 02 05.77	o 51 07 01.69	R_I_Fortaleza	2.1	9.4	0	9
18	s 00 01 17.10	o 51 05 57.03	R_Tacaca	3.0	4.8	0	6
19	s 00 00 20.63	o 51 04 36.16	R_MarcoZero	6.1	9.4	3	12
20	n 00 00 11.81	o 51 05 48.85	R_Congós_Beirol	2.0	6.3	0	6
21	n 00 00 51.90	o 51 05 32.70	R_ChicoDias	3.0	5.2	0	6
22	n 00 00 11.66	o 51 08 30.52	R_I_Arco	3.0	7.7	0	6
23	n 00 01 24.66	o 51 08 13.38	R_Coracao	3.5	12.8	0	12
24	n 00 02 29.24	o 51 07 01.84	R_Marabaixo	4.5	19.4	3	18
25	n 00 01 40.65	o 51 06 13.18	R_L_Indios	2.8	4.2	0	6
26	n 00 02 37.20	o 51 05 24.54	R_SaComprido	3.1	13.5	0	12
27	n 00 03 50.04	o 51 06 53.66	R_Km9	3.6	14.8	3	12
28	n 00 03 51.20	o 51 05 08.21	R_Infraeroll	8.1	14.5	6	15
29	n 00 05 10.61	o 51 04 28.04	R_Acai	5.5	12.5	3	12
30	n 00 05 18.49	o 51 02 10.70	R_Jandia	3.0	6.3	0	6
31	n 00 05 02.65	o 51 03 15.20	R_L_Vaca	4.0	12.3	0	12
32	n 00 03 17.52	o 51 02 51.10	R_P_Socorro	4.0	6.0	3	9

Tabela 2 – Comparação entre as medidas no LAF e TOPODATA em coordenadas GMS

Os gráficos de dispersão dos valores máximos e mínimos apresentam entre os dois modelos uma correlação direta positiva, conforme mostra a **Figura 5**. Neles também são expressas as equações de ajustamento da reta.

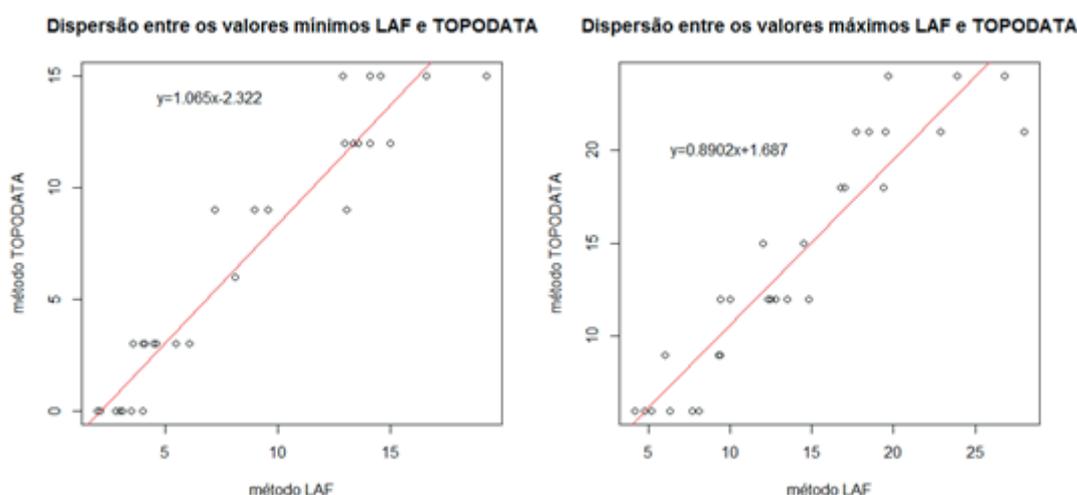


Figura 5. Gráficos de dispersão e regressão

A correlação existente entre os dois modelos mostrou ser forte quando comparado as elevações mínimas encontradas, pois apresentou um coeficiente de determinação  $R^2$  no valor de 0,9266, ou seja, 92,66% da variação do modelo TOPODATA pode ser explicado pela variação do modelo LAF. Para as elevações máximas, o  $R^2$  foi de 0,8817, ou seja 88,17% da variação do modelo TOPODATA pode ser explicado pela variação do modelo LAF. Em ambas as situações são apresentadas uma forte correlação entre

os dois métodos, destacando-se o de menor elevação.

Os coeficientes de Pearson foram de 0,9626 e 0,9390 mostrando uma correlação direta muito forte nos valores de mínima e de máxima elevação, respectivamente, apresentado na **Tabela 3**.

Parâmetros	Valores Analisados	
	Min	Max
Erro Médio	0.000023	0.000386
EQM	2.391473	4.472942
Erro Médio Percentual	0.008486	0.110066
Coeficiente de Pearson	0.962610	0.939004
Coef. Determinação	0.926619	0.881729

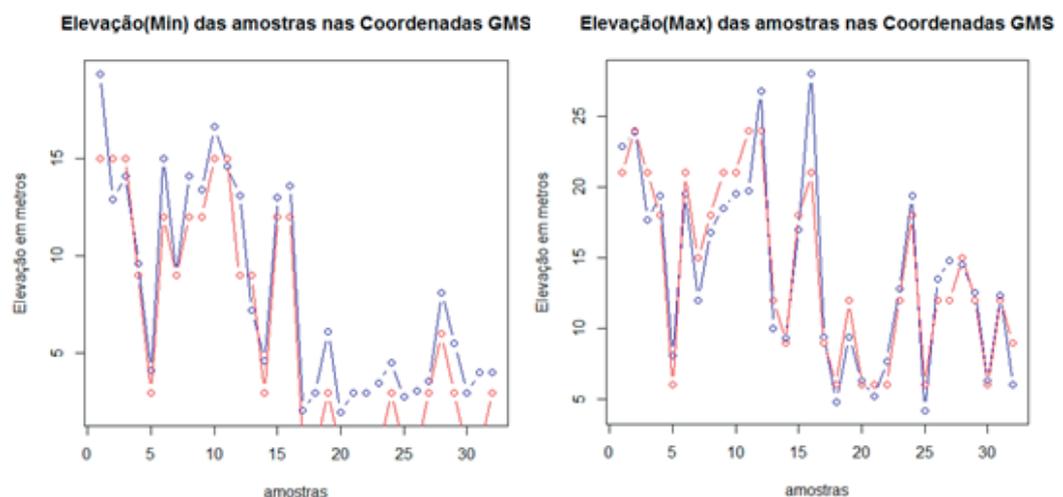
Tabela 3 – Análise estatística da correlação encontrada

O erro médio, calculado pela média aritmética dos erros, foi pequeno, uma vez que os erros positivos acabam compensando os erros negativos, o que poderia acabar distorcendo o resultado, e conforme mostra a **Tabela 3** o erro médio dos valores mínimo e máximo são próximos de zero, o que revela ser um resultado imparcial.

O erro quadrático médio (EQM) apresenta o valor médio entre os dois conjuntos de erros, evidenciando uma melhor condição para os valores de menor elevação (min).

O erro percentual também se aproximou de zero, mostrando que houve mais consistência nos valores mínimos do que os valores máximos.

A sobreposição das linhas do método TOPODATA sobre o método LAF é perceptível pelas linhas dos gráficos que se encaixam, tanto dos mínimos valores, como também dos máximos valores obtidos da elevação na circunferência, conforme apresenta a **Figura 6**.



**Figura 6** – Gráfico comparativo entre os dois modelos: azul o método LAF e o vermelho o TOPODATA

As elevações médias inteiras máximas encontradas nas áreas de terra firme e ressacas (áreas úmidas) foram de 18 e 10 metros, respectivamente, para ambos os métodos (LAF e TOPODATA). A sua menor elevação apontada pelo método TOPODATA nessa área é de 1,3 m. Isso mostra uma suscetibilidade maior às variações provocadas pelas águas das chuvas e mudanças atípicas das marés nas áreas de ressacas, o que por sua vez gera uma situação de risco para os moradores que fixam suas residências naquele local.

## 5 | CONCLUSÕES

A carta altimétrica (hypsométrica) gerada é um instrumento seguro e que permite a leitura clara e direta para um planejamento que necessite de informações sobre a altimetria do terreno de Macapá, numa escala restrita até 1:100.000. Na indisponibilidade de dados de campo para validação do modelo gerado, a utilização de informações do LAF se mostrou satisfatória, considerando que os coeficientes de correlação para os valores máximos e mínimos foram superiores a 0,93; e os erros médios percentuais muito próximos de zero.

## REFERÊNCIAS

Acselrad, H. **Conflitos ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará: Fundação Heinrich Boll, 2004.

Araujo, E. P. **Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 2006.

Batista Filho, J. M.; Assireu, A. T. ; Barouch, A. L. V;Pons, N. A. D . **Comparação dos produtos altimétricos TOPODATA, LAF e medidas in situ em região de topografia complexa**. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. p. 4534-4539.

Câmara, G. *et al.* **SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Objectoriented. Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395 - 403, May - Jun 1996.

Câmara, G.; Davis, Clodoveu; Monteiro, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação. INPE-10506-RPQ/249. São José dos Campos, 2001.**

Carvalho, E. M. D.; Pinto, S. D. A. F. **Fusão de imagem CBERS-2B (CCD e HRC) para atualização de dados de cartas topográficas e de imagens de menor resolução espacial**. Curitiba 2011: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr, 2011. 7434 p.

Garofalo, D. F. T.; Liesenberg, V. **Análise comparativa da informação altimétrica presente nos modelos digitais de elevação ASTER GDEM 1 e 2, SRTM e TOPODATA**. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015, João Pessoa. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. p. 2867-2875.

INPE. **Ministério da Ciência e Tecnologia**. /www.dsr.inpe.br, 2015. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 24 Novembro 2015.

Santos Filho, H.; Almeida, M. G.; Ribeiro, M. M. **Mapeamento e classificação das áreas de ressaca na região metropolitana de Macapá-AP utilizando imagens do satélite CBERS-2B.** In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. p. 2211-2217.

Santos Filho, H.; Almeida, M. G.; Rios, R. O. **Mapeamento e análise da carta imagem da cidade de Macapá-AP obtida através da fusão das imagens do satélite CBERS-2B multisensor CCD e HRC.** In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011. p. 2614-2619.

Simm, A. P. R. L. **Mapeamento do potencial de instabilização de taludes rodoviários: usando SIG e seções geológico – geotécnicas de campo com aplicação da rodovia SP-310.** 1ª Ed. Biblioteca24horas, São Paulo, 2011. p. ISBN978-85-7893-925-0.

Valeriano, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2008. INPE-15318-RPQ/818.

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

