



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

CARINE ANTUNES CORREIA MARINHO

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA
MODELAGEM DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO BAIXO SÃO
FRANCISCO**

CAMPINA GRANDE - PB

2011

CARINE ANTUNES CORREIA MARINHO

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA
MODELAGEM DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO BAIXO SÃO
FRANCISCO**

Monografia apresentada à Banca Examinadora como requisito para a obtenção do título de Especialista, pelo Programa de Especialização em Geoprocessamento.

Área de Concentração: Geoprocessamento

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Iana Alexandra Alves Rufino

CAMPINA GRANDE - PB

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

M338u Marinho, Carine Antunes Correia.
Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para modelagem da planície de inundação do Baixo São Francisco [manuscrito] / Carine Antunes Correia Marinho. - 2011.
35 f. : il. color.

Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2011.

“Orientação: Profa. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino, Universidade Federal de Campina Grande”.
“Co-Orientação: Prof. Me. Hugo Feitosa de Figueirêdo, Universidade Federal de Campina Grande.”

1. Sensoriamento remoto. 2. Rio São Francisco. 3. Processamento de imagens. I. Título.

21. ed. CDD 621.367

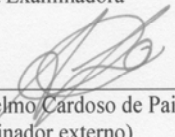
CARINE ANTUNES CORREIA MARINHO

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA
MODELAGEM DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO BAIXO SÃO
FRANCISCO**

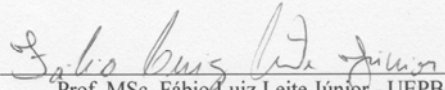
Monografia apresentada à Banca Examinadora como
requisito para a obtenção do título de Especialista,
pelo Programa de Especialização em
Geoprocessamento
Área de Concentração: Geoprocessamento

Aprovado em 6 de novembro de 2011.

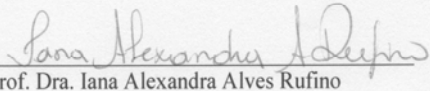
Banca Examinadora



Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva
(Examinador externo)



Prof. MSc. Fábio Luiz Leite Júnior - UEPB
(Examinador interno)



Prof. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino
(Orientador)

CAMPINA GRANDE-PB

2011

Dedico este trabalho a toda minha família, em especial a meu marido e meu filho, que sempre me apoiaram e acreditaram que eu conseguiria concluí-lo com qualidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a CHESF pela iniciativa de elaborar o seu SIG (Sistema de Informações Geográficas) Corporativo e, principalmente, pela consciência da necessidade de treinar os seus profissionais de forma séria e voltada para as atividades da empresa.

Agradeço também aos professores do curso, especialmente, à minha orientadora, Professora Iana Alexandra, pelo empenho e dedicação em ensinar.

“Sem ambição, nada se começa. Sem esforço, nada se completa.”

Ralph Waldo Emerson

RESUMO

As elevações periódicas de vazão, que provocam o extravasamento das águas da calha principal do rio para suas áreas marginais, e a ocupação intensa e desordenada das várzeas inundáveis, geraram a necessidade de um conhecimento detalhado e espacializado da planície de inundação do Baixo São Francisco

Visando mapear a área ribeirinha e a dinâmica fluvial do Rio São Francisco com uso de técnicas de processamento digital de imagens de satélite de alta resolução espacial e modelo digital de elevação, foi elaborado o Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo e modelagem das curvas de nível da Planície de Inundação, para, posteriormente, analisar e quantificar as áreas inundáveis.

Os resultados desse trabalho subsidiarão a adoção de medidas não-estruturais preventivas e mitigadoras para melhorar a convivência da população com o rio.

Palavras-chave: Modelo Digital de Elevação, Sensoriamento Remoto e Planície de Inundação.

ABSTRACT

The periodic flow increases, causing leakage of water from the main channel of the river to their marginal areas, and intense and disorderly occupation of flood plains, generated the need for a detailed knowledge and spatialized in the floodplain of the Lower San Francisco.

In order to map the dynamic waterfront and the São Francisco River with the use of digital signal processing techniques of satellite imagery and high spatial resolution digital elevation model was prepared on the Use and Mapping Land Use and shaping the contours of floodplain, to then analyze and quantify the wetlands.

The findings will subsidize the adoption of preventive measures and non-structural mitigation to improve the living of the population with the River.

Keywords: Remote Sensing, Floodplain, Digital Elevation Model

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Baixo São Francisco.

Figura 2 – Buffer de 3 km a partir do eixo do Rio São Francisco.

Figura 3 – Cartas que compõem o mosaico do SRTM.

Figura 4 – Delimitação da área de trabalho.

Figura 5 – Assinatura Espectral das Classes de Uso do Solo.

Figura 6 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Planície de Inundação do Baixo São Francisco

Figura 7 – Mapa de localização dos Postos Hidrométricos operados pela CHESF no Baixo São Francisco.

Figura 8- Mapa da Planície de Inundação para a cota de 25 m, nas proximidades da cidade de Propriá.

Figura 9- Mapa da Planície de Inundação para a cota de 20 m, nas proximidades da cidade de Propriá.

Figura 10- Mapa da Planície de Inundação para a cota de 15 m, nas proximidades da cidade de Propriá.

Figura 11- Mapa da Planície de Inundação para a cota de 10 m, nas proximidades da cidade de Propriá.

Figura 12- Mapa da Planície de Inundação para a cota de 05 m, nas proximidades da cidade de Propriá.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Características Físicas e Climáticas do Baixo São Francisco.

Tabela 2 – Especificações técnicas gerais dos satélites do Sistema RapidEye.

Tabela 3 - Bandas espectrais dos satélites do Sistema RapidEye..

Tabela 4 – Tabela de áreas das classes de Uso e Ocupação do Solo da Planície de Inundação do Baixo São Francisco.

Tabela 5- Cotas e Vazões Máximas Ocorridas durante a cheia do ano de 1979, registradas nos Postos Hidrométricos Operados pela CHESF no Baixo São Francisco.

Tabela 6 – Áreas e Percentuais inundados para a cota de 05 m.

Tabela 7 – Áreas e Percentuais inundados para a cota de 10 m..

Tabela 8 – Áreas e Percentuais inundados para a cota de 15 m.

Tabela 9 – Áreas e Percentuais inundados para a cota de 20 m.

Tabela 10 – Áreas e Percentuais inundados para a cota de 25 m.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco.

DORH – Divisão de Gestão de Recursos Hídricos

MDE – Modelo Digital de Elevação.

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

ANA – Agência Nacional de Águas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SAR – Synthetic Aperture Radar

NASA – National Aeronautics and Space Administration

DEM – Digital Elevation Model

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

RGB- Modelo de Cores formado pelo Vermelho (Red), Verde (Green) e Azul (Blue)

NIR – Infravermelho Próximo

SUMÁRIO

1. Introdução	12
1.1. Justificativa	12
1.2. Objetivo	12
1.3. Objetivos Específicos	13
1.4. Caracterização da Área de Estudo	13
2. Sensoriamento Remoto	17
2.1. SRTM	17
2.2. Imagens Rapideye	17
2.3. Classificação Supervisionada	19
3. Metodologia	20
3.1. Processamento Digital Preliminar	20
3.2. Estudo do Uso e Ocupação do Solo	22
3.3. Estudo da Cota Máxima de Inundação Ocorrida	26
4. Resultados	31
5. Conclusões	33
6. Referências Bibliográficas	34

Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto para Modelagem da Planície de Inundação do Baixo São Francisco

1. Introdução

1.1. Justificativa

O crescimento da ocupação das áreas ribeirinhas do Rio São Francisco de forma desordenada e não planejada, a intensificação e a diversificação do uso do solo, além do aumento do número de usuários da água do rio, vem gerando, ao longo do tempo, diversos conflitos de uso e transtornos à população ribeirinha e também aos demais usuários do rio.

Visando minimizar tais conflitos, faz-se necessário o estudo da planície de inundação do Rio São Francisco, o que permitirá melhorar o conhecimento da sua dinâmica fluvial

O estudo servirá como subsídio para elaboração dos Planos Diretores dos municípios ribeirinhos e das políticas públicas de convivência com eventos extremos, ou seja, secas e enchentes, que acontecem periodicamente na região do Baixo São Francisco.

1.2. Objetivo

O objetivo do trabalho é o modelar a planície de Inundação do Baixo São Francisco, no trecho entre a Usina de Xingó e a foz, utilizando os dados do *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*.

Também é objetivo desse trabalho identificar as classes de uso e ocupação do solo nas áreas ribeirinhas com uso de imagens do satélite Rapideye (5 m de resolução espacial), que apresentam relevância para delimitação da planície de inundação.

1.3. Objetivos Específicos

São objetivos específicos do trabalho:

- ✓ Modelar a Planície de Inundação;
- ✓ Classificar as imagens do Rapideye para identificação de classes de uso e ocupação do solo das áreas inundáveis;
- ✓ Analisar o alcance das cotas de inundação para as classes de uso e Ocupação do solo.

1.4. Caracterização da Área de Estudo

O rio São Francisco tem uma extensão de 2.863 km e a área de drenagem da sua Bacia corresponde a 636.920 km² (8% do território nacional), abrangendo 503 municípios e sete Unidades da Federação (Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal).

A Bacia do Rio São Francisco está dividida em quatro regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, como mostra a figura abaixo.

O Baixo São Francisco abrange a região de Paulo Afonso (BA) até a foz, localizada entre os estados de Sergipe e Alagoas. Compreende uma área de 25.523 km², ou seja, 4% da área da Bacia do Rio São Francisco, e 214 km de extensão (fonte: <http://www.integracao.gov.br/saofrancisco/rio/numeros.asp>).

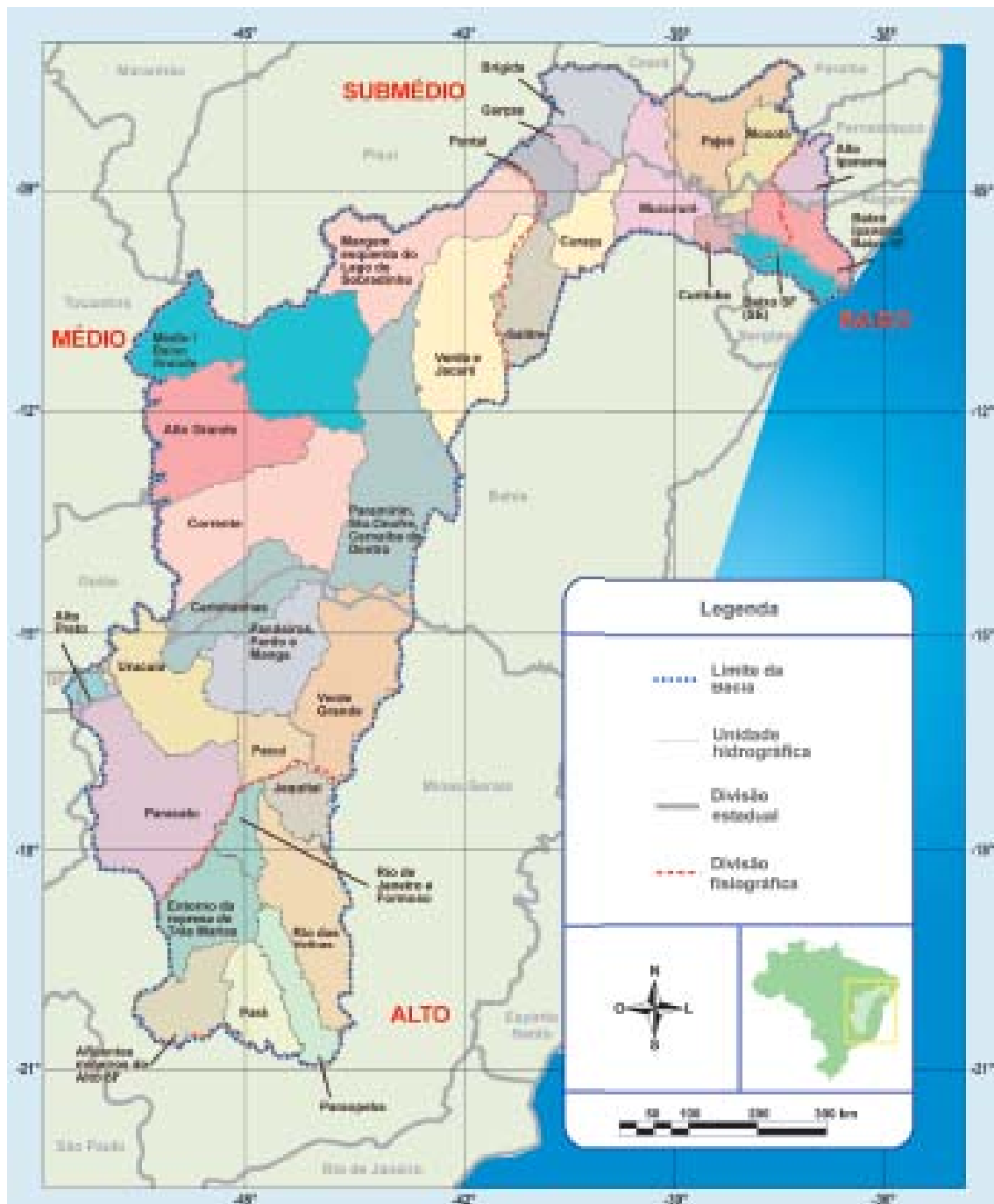


Figura 1 – Localização do Baixo São Francisco.

As principais características físicas e hidroclimáticas do Baixo Rio São Francisco são apresentadas na tabela abaixo:

Características	Baixo São Francisco
Área (km ²)	19.987
Altitudes (m)	480 a 0
Trecho Principal (km)	140
Declividade do Rio Principal (m/km)	0,10
Contribuição da Vazão natural média	1,8
Vazão média anual máxima (m ³ /s) mês	Foz 4.680 - março
Vazão média anual mínima (m ³ /s) mês	Foz 1.536 – setembro
Sedimentos 106 ton/ano e área km ²	Propriá 0,41 (620.170)
Clima Predominante	Subúmido
Faixa de Precipitação Anual (mm)	1.500 a 350
Precipitação Média Anual (mm)	957
Temperatura Média (°C)	25
Insolação Média Anual (h)	2.800
Evapotranspiração Média Anual (mm)	1.500

Fonte: ANA/SPR e Programa de Ações Estratégicas (PAE)(ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003)

Tabela 1 - Principais Características Físicas e Climáticas do Baixo São Francisco

Segundo dados do IBGE (Censo Demográfico, 2000), o Baixo São Francisco tem 1.442.88 habitantes, que equivale a 10,7% da população total da Bacia do São Francisco. A região tem 86 municípios e uma densidade demográfica de 68,7 hab/km², com 51% de urbanização. As principais atividades econômicas são agricultura, pecuária, pesca e aqüicultura.

Atualmente, na Bacia do São Francisco, o controle das enchentes é feito por meio de medidas não estruturais, aproveitando as grandes barragens de usos múltiplos para amortecimento das cheias, operadas pelo setor elétrico, aliado à construção de diques longitudinais para proteção das comunidades ribeirinhas. As enchentes são controladas pelos reservatórios das usinas de Três Marias e Sobradinho. No caso de

formação de cheia no trecho a jusante de Sobradinho, o reservatório de Itaparica ou Apolônio Sales também é utilizado para o controle de enchentes.

Quanto à estratégia para as cheias decorrentes do extravasamento das águas para o leito maior dos rios, que afetam as cidades ribeirinhas, é necessário que se faça um zoneamento da planície de inundação.

Para a execução do zoneamento da planície de inundação, é necessário que se proceda ao estudo do Uso e Ocupação do solo, para identificação dos principais usos na planície de inundação e mapeamento da sua ocupação, que têm impactos diretos sobre a disponibilidade e a qualidade das águas e nos processos de erosão e assoreamento do leito do rio.

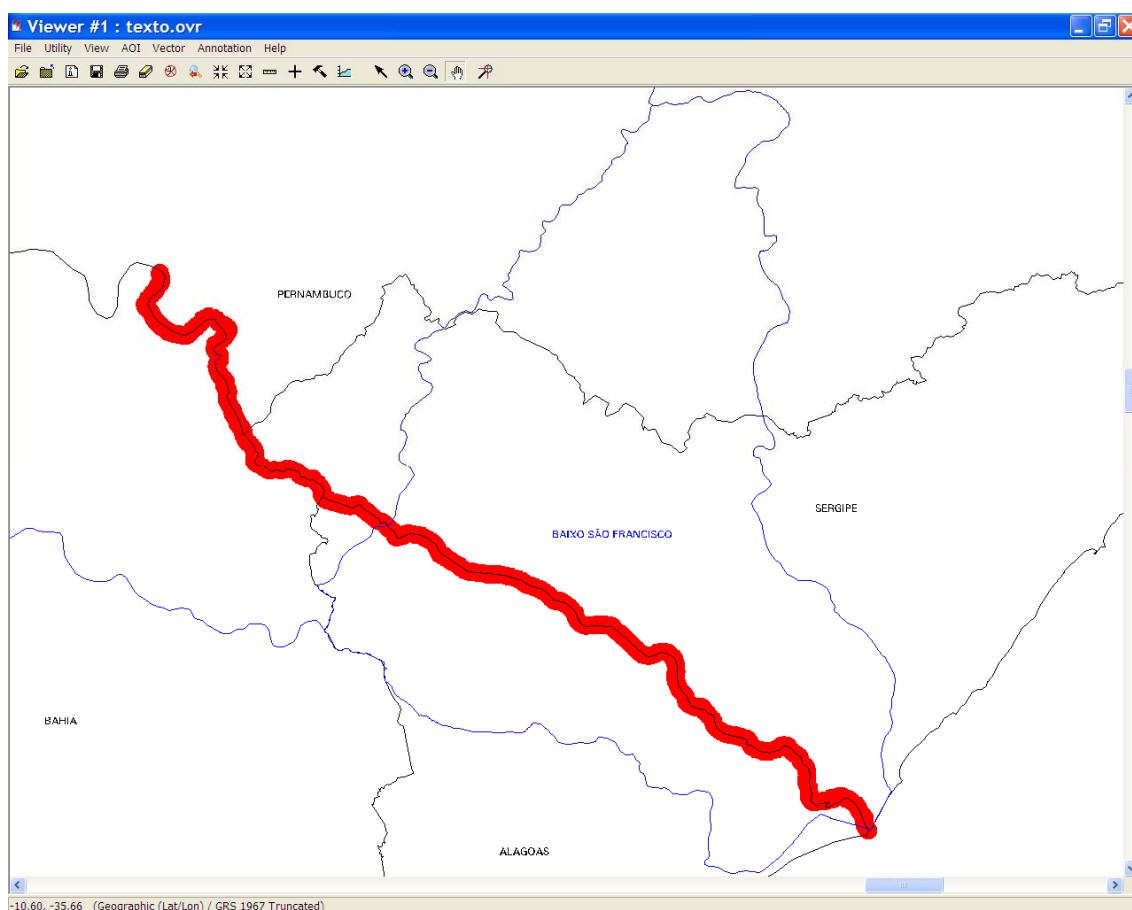


Figura 2 – Buffer de 3 km a partir do eixo do Rio São Francisco.

A partir do estudo do Uso e Ocupação do solo é possível promover a recuperação ambiental das áreas degradadas e adotar medidas não estruturais para

integração de ações entre os órgãos governamentais e os municípios, com vistas ao ordenamento, ao disciplinamento e à fiscalização do uso do solo.

2. Sensoriamento Remoto

2.1. SRTM

A Missão Topográfica Radar Shuttle - SRTM foi uma missão liderada pela NASA (National Aeronautics and Space Administration ou Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica) com parceria das agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000, visando gerar um modelo digital do terreno da zona da Terra entre as latitudes 56 °S e 60 °N, de modo a obter uma base completa de cartas topográficas digitais.

A SRTM consiste num sistema de radar (SAR - Synthetic Aperture Radar) modificado para voar a bordo do Endeavour (ônibus espacial) e adquirir dados da superfície terrestre, nas bandas C e X, utilizando a técnica da interferometria. A SRTM contou com duas antenas de recepção, que possibilitaram obter dados em uma mesma órbita, garantindo a melhor qualidade dos mesmos. Os dados, adquiridos com resolução de 1 arco segundo, ou aproximadamente 30 metros, no equador, são processados para gerar os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) da área coberta.

Os MDE's relativos à banda C são distribuídos pela NASA, estão disponíveis gratuitamente para as Américas do Sul e do Norte, com resolução espacial de aproximadamente 90 x 90 metros. Os modelos altimétricos estão divididos por zonas de 1° de latitude por 1° de longitude, denominados de acordo com os seus cantos sudoeste.

2.2. Imagens Rapideye

No dia 29 de Agosto de 2008 a empresa alemã RapidEye lançou cinco Satélites de Observação da Terra.

A componente espacial do sistema RapidEye é formada por uma constelação de cinco satélites de Sensoriamento Remoto, idênticos e posicionados em

órbita síncrona com o Sol, com igual espaçamento entre cada satélite. Esta configuração permite estabelecer novos padrões de eficiência relacionados à repetitividade de coleta e a exatidão das informações geradas sobre a superfície da Terra.

Número de Satélites	5
Altitude da Órbita	630 km, órbita síncrona com o Sol
Hora de Passagem no	Equador 11h00min (aproximadamente)
Velocidade	27.000 km/h
Largura da Imagem	77 km
Tempo de Revisita	Diariamente (off-nadir); 5,5 Dias (nadir)
Capacidade de Coleta	4,5 milhões de Km ² /dia
Tipo do Sensor	Multiespectral (pushbroom imager)
Bandas Espectrais	5 (Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR)
Resolução Espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do Pixel (ortorretificado)	5 m
Armazenamento de Dados a Bordo	1.500 km de dados de imagens por órbita
Resolução Radiométrica	12 bits
Velocidade de Download (banda X)	80 Mbps

Tabela 2 – Especificações técnicas gerais dos satélites do sistema RapidEye.

Cada um dos cinco satélites da RapidEye efetua 15 voltas por dia em torno do planeta e os sensores a bordo dos satélites podem coletar imagens sobre a superfície da Terra ao longo de uma faixa de 77 km de largura por até 1500 km de extensão.

Os cinco satélites são equipados com sensor multispectral composto de scanners de linha, com 12.000 pixels cada, capazes de capturar imagens em cinco bandas espectrais, com alcance de comprimento de onda entre 440 μ m e 850 μ m.

A resolução espacial original de cada banda é de 6,5 metros, e após a ortorretificação as bandas são reamostradas para uma resolução de 5m, resultando em imagens corrigidas com precisão de detalhes compatível com escala 1:25.000.

Comprimento de Onda	Banda Espectral
440 – 510 μm	Azul
520 – 590 μm	Verde
630 – 685 μm	Vermelho
690 – 730 μm	Red-Edge
760 – 850 μm	Infravermelho próximo

Tabela 3 - Bandas espectrais dos satélites do sistema RapidEye.

As imagens da RapidEye utilizadas foram adquiridas com nível de processamento 3A. Foram aplicadas correções radiométricas, do sensor e geométricas aos dados. O produto foi ortorretificado e recebeu correção radiométrica e geométrica a partir de DEM SRTM (Nível 3) com uso de pontos de controle.

2.3. Classificação Supervisionada

Classificação é o processo de classificar os pixels de uma imagem de acordo com um número finito de classes individuais ou categorias de dados, baseado nos valores de refletâncias dos pixels. Se um pixel satisfaz a um conjunto de critérios, o mesmo é atribuído àquela classe que corresponde aos critérios satisfeitos. A classificação pode ser supervisionada e não-supervisionada.

Na primeira fase do processo, o computador é treinado para reconhecer os padrões de dados. O objetivo é classificar as informações baseadas em conhecimento prévio (supervisionado) ou em informações estatísticas extraídas dos padrões e, assim, criar as assinaturas espectrais das classes.

A classificação supervisionada é uma das técnicas de classificar pixels, que utiliza amostras de treinamento. Sobre a imagem a ser classificada são criados polígonos, que serão associados às classes de uso, ou seja, os pixels contidos na área do

polígono servirão de amostras para compor o padrão de dados das classes. No editor de assinaturas é possível criar, gerenciar, avaliar e editar as assinaturas das classes.

A classificação supervisionada é um processo onde ocorre grande interação entre o analista e os dados da imagem e exige conhecimento prévio da área para que o resultado seja representativo da realidade de campo.

3. Metodologia

3.1. Processamento Digital Preliminar

Os dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM foram obtidos no site da Embrapa (www.relevobr.cnpm.br/download/index). Os pesquisadores da Embrapa Monitoramento por Satélite baixaram os dados brutos do SRTM do site da NASA e fizeram um cuidadoso trabalho de correção e padronização, eliminando falhas, sombras e distorções. Foram, então, coletadas as cartas SC-24XC, SC-24XD e SC-24ZB pertencentes ao Estado de Alagoas, conforme figura abaixo. Posteriormente, as cartas foram mosaicadas, utilizando a ferramenta *Mosaic Images* do Erdas Imagine, para geração de uma imagem única. Como o mosaico original estava georreferenciado em Coordenadas Geográficas, o mesmo foi reprojetoado para UTM (Sistema Universal Transverso de Mercator), Zona 24, mantendo-se o datum WGS 84 SOUTH. Para isso, foi usada a ferramenta *Reproject Images*, com o método de reamostragem do Vizinho mais próximo (Nearest Neighbor). A ordem polinomial máxima permitida foi 3 e a tolerância para a aproximação polinomial foi 0.100 pixels, que são valores padrões do software.

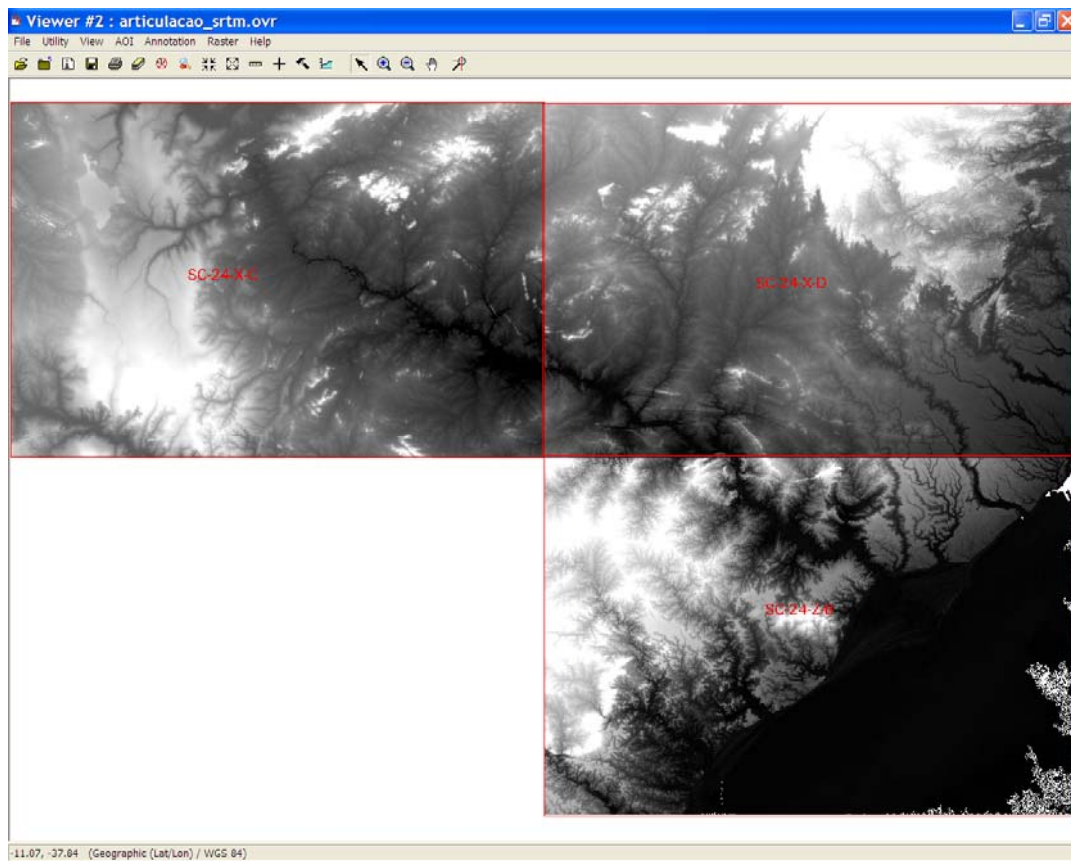


Figura 3 – Cartas que compõem o mosaico do SRTM

Não foram utilizados pontos de controle reais do solo, pois a coleta de um número suficiente de pontos de controle se tornaria inviável devido à extensão da área de estudo e suas dificuldades de acesso. Além disso, por se tratar de uma planície, a pequena declividade da área exigiria um grande número de pontos de controle.

Foi adotado o intervalo de 5 m entre as cotas estudadas e, a partir do mosaico do SRTM, foram geradas as curvas de nível das cotas de 25 m, 20 m, 15 m, 10 m e 05 m. O limite de cota de 25 m foi definido de acordo com a cota de inundação máxima atingida durante a cheia de 1979 no posto hidrométrico de Piranhas.

Para delimitação da área de estudo, foi gerado um buffer de 3 km a partir do eixo do Rio São Francisco, com a ferramenta buffer do ArcGis. O limite foi definido com base nas observações de campo e arquivo fotográfico de diversos períodos úmidos.

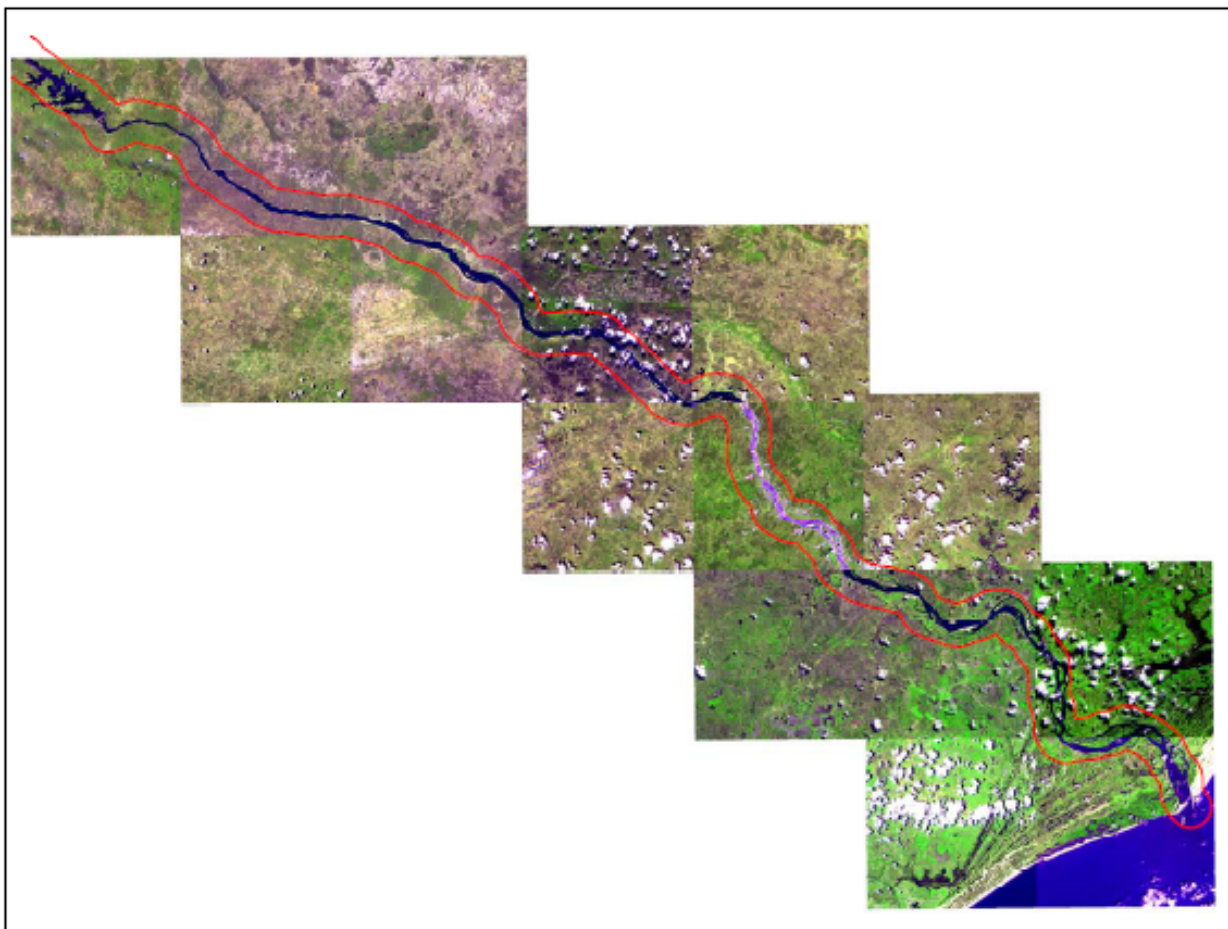


Figura 4 – Delimitação da área de trabalho

3.2. Estudo do Uso e Ocupação do Solo

Para o estudo do Uso e Ocupação da Planície de Inundação, foi utilizado o mosaico do Nordeste do Brasil de imagens do Satélite Rapideye, adquirido pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF, com resolução espacial de 5 m, cinco bandas espectrais e resolução radiométrica de 12 bits. Não foi necessário georreferenciar as imagens, uma vez que as mesmas foram adquiridas ortorretificadas e com correção atmosférica, não havendo necessidade de tratamento geométrico e radiométrico adicional.

A técnica utilizada foi a Classificação Supervisionada, que se mostrou a mais adequada aos objetivos do estudo devido ao prévio conhecimento de campo e à existência de acervo fotográfico da região, possibilitando elucidar possíveis dúvidas, bem como validar a classificação. A composição colorida RGB 4,5,1, que combina as bandas das regiões do Red Edge (canal vermelho), infravermelho próximo ou NIR

(canal verde) e Azul (canal azul) foi adotada para definir os amostras de classes que originaram as assinaturas espectrais.

As curvas de refletância espectral das classes de agricultura e projeto de irrigação apresentaram comportamentos semelhantes em todas as bandas, como era esperado. O gráfico de assinaturas espectrais indicou o mesmo comportamento espectral para as classes área urbana e o banco de areia na banda 2 (verde), não sendo possível diferenciar as citadas classes. As bandas do visível apresentaram padrões espectrais de absorção semelhantes para agricultura, projeto de irrigação e a água, especialmente na banda 3, que é a região do vermelho do espectro eletromagnético.

A vegetação (agricultura e projeto de irrigação) refletiu na banda 4, que corresponde ao infravermelho próximo (NIR), enquanto a água teve alta absorção nessa banda. A área urbana e o banco de areia também apresentaram comportamento espectral de absorção, mas com reflectancia mais alta que a água. A banda 5, da região do Red Edge, apresentou alta reflectância das classes de vegetação e a maior absorção da água.

Segundo Jensen (2011), a banda 1 (azul) tem maior penetração em corpos d'água, assim como fornece suporte para análise do uso da terra, solo e características da vegetação. Já a banda 5 (infravermelho próximo) é útil para identificação de culturas e para realçar contrastes entre solo/cultura e terra/água.

Observando as indicações de uso das bandas espectrais e procedendo a análise das assinaturas espectrais, a composição 4,5,1 apresentou boa diferenciação espectral entre as classes, permitindo um adequada identificação dos alvos para delimitação dos polígonos de amostras de classes. A banda Red-Edge, é específica para o monitoramento da atividade fotossintética da vegetação, que mede variações na vegetação, permitindo a separação de espécies e monitoramento da saúde da vegetação (FELIX, 2009).

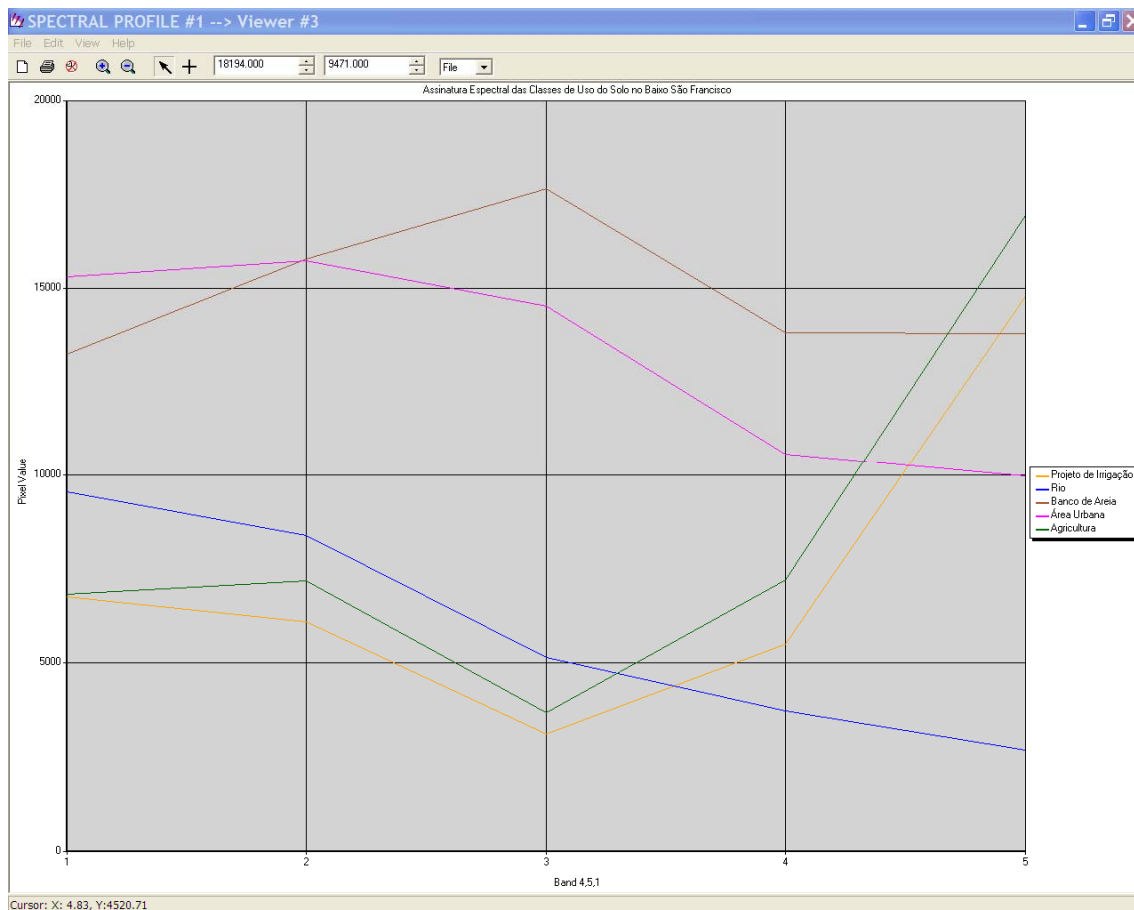


Figura 5 – Assinatura Espectral das Classes de Uso do Solo

O processo da classificação consistiu na identificação dos tipos de uso do solo mais afetados pela dinâmica da planície de inundação do Baixo São Francisco. Os tipos de uso foram estabelecidos de acordo com os padrões da resposta espectral dos elementos utilizados na classificação, ou seja, das classes de uso. Foram, então, criadas assinaturas espectrais das classes a serem estudadas, a partir da coleta dos pixels contidos nos polígonos pré-definidos, que representam as classes.

Foram definidas as seguintes classes de uso: Rio, Oceano, Banco de Areia, Agricultura, Projeto de Irrigação e Área Urbana. A classe agricultura foi atribuída às áreas próximas ao leito do rio, onde se pratica o plantio de culturas, que se beneficiam da umidade do solo. À medida que as vazões vão baixando, os cultivos são praticados cada vez mais próximos do rio. As culturas mais comumente encontradas são o côco, a cana-de-açúcar (margem esquerda) e o arroz. Os projetos de irrigação identificados foram o Boacica, o Platô de Neópolis, o Betume, o Itiúba, o Propriá e o Cotinguiba Pindoba.

O algoritmo classificador utilizado foi o Maximum Likelihood ou Máxima Verossimilhança, que é uma regra de decisão baseada na probabilidade do pixel pertencer a uma classe específica. A equação básica admite que tais probabilidades são iguais para todas as classes e que as bandas espectrais de entradas têm distribuição normal.

Os resultados da classificação foram validados de acordo com os relatórios fotográficos da CHESF e com a experiência da equipe de campo da CHESF. Após a validação das classificações, foi gerado o mapa de Uso e Ocupação do Solo da Planície de Inundação do Baixo São Francisco. Foram calculados os valores das áreas das classes de uso e ocupação planície identificada.

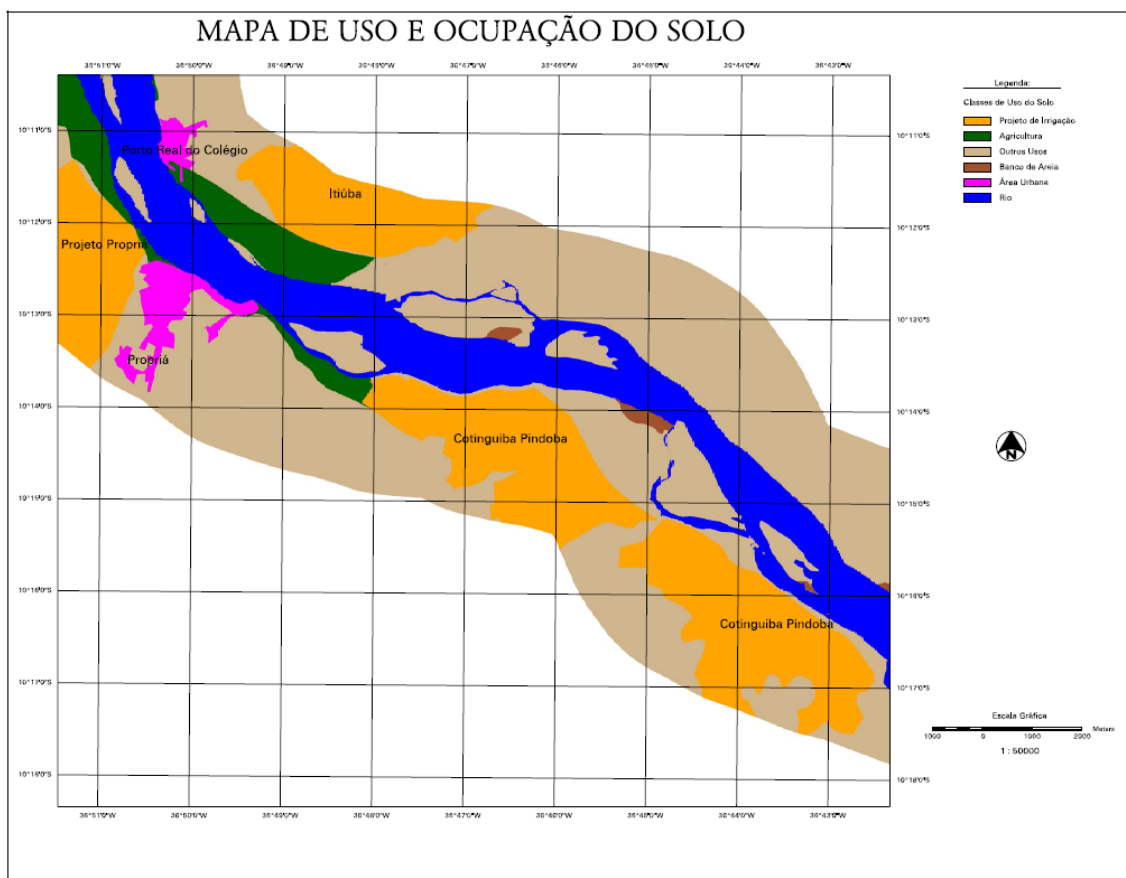


Figura 6 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Planície de Inundação do Baixo São Francisco, nas proximidades da cidade de Propriá.








Nome da Classe	Cor	Total na área de estudo (hec)
Projeto de Irrigação		5.761,14
Oceano		1.588,12
Agricultura		7.821,06
Outros Usos		96.152,10
Banco de Areia		1.452,14
Área Urbana		1.334,66
Rio		19.906,20
Área total do estudo		13.4015,42

Tabela 4 – Tabela de áreas das classes de Uso e Ocupação do Solo da Planície de Inundação do Baixo São Francisco.

3.3. Estudo da Cota Máxima de Inundação Ocorrida

A cota máxima de inundação adotada foi a curva de nível de 25m, assim definida com base nos históricos de vazões e cotas máximas ocorridas durante a cheia de 1979 e registradas nos postos hidrométricos operados pela DORH/CHESF (Tabela5). O limite da área estudada constitui-se uma envoltória que abrange todas as cotas máximas de inundação atingidas ao longo do Baixo São Francisco.

A CHESF opera quatro postos hidrométricos na área de estudo: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu e Propriá, distribuídos ao longo do Rio São Francisco (Figura 7), com o objetivo de monitorar o nível do rio e a sua vazão. Em cada posto são feitas 2 leituras diárias de cotas em réguas limnimétricas, sendo uma leitura às 07:00 horas e outra às 17:00 horas. Para associar as leituras de cotas com a vazão no rio, são usadas as curvas cota-vazão ou curvas chave do posto hidrométrico.

Segundo Santos et al. (2001), no caso de rios de leito bem definido, com seções transversais constantes e declividade forte $S_0 \geq 1\text{‰}$, o afastamento da curva de descarga em regime permanente é muito pequena, inferior mesmo à precisão das

medidas, o que permite considerar, para efeitos práticos, como biunívoca a relação entre o nível d'água e a vazão.

De acordo com Tucci (1993), para determinar as curvas-chave é necessário conhecer certo número de pares cota-vazão medidas em condições reais. Os métodos mais usados no Brasil e no mundo para medição de vazão são os que medem a velocidade do fluxo d'água em seções transversais. A relação cota-descarga é apresentada sob três formas, geralmente associadas: à representação gráfica, à fórmula matemática e à tabela de calibragem.

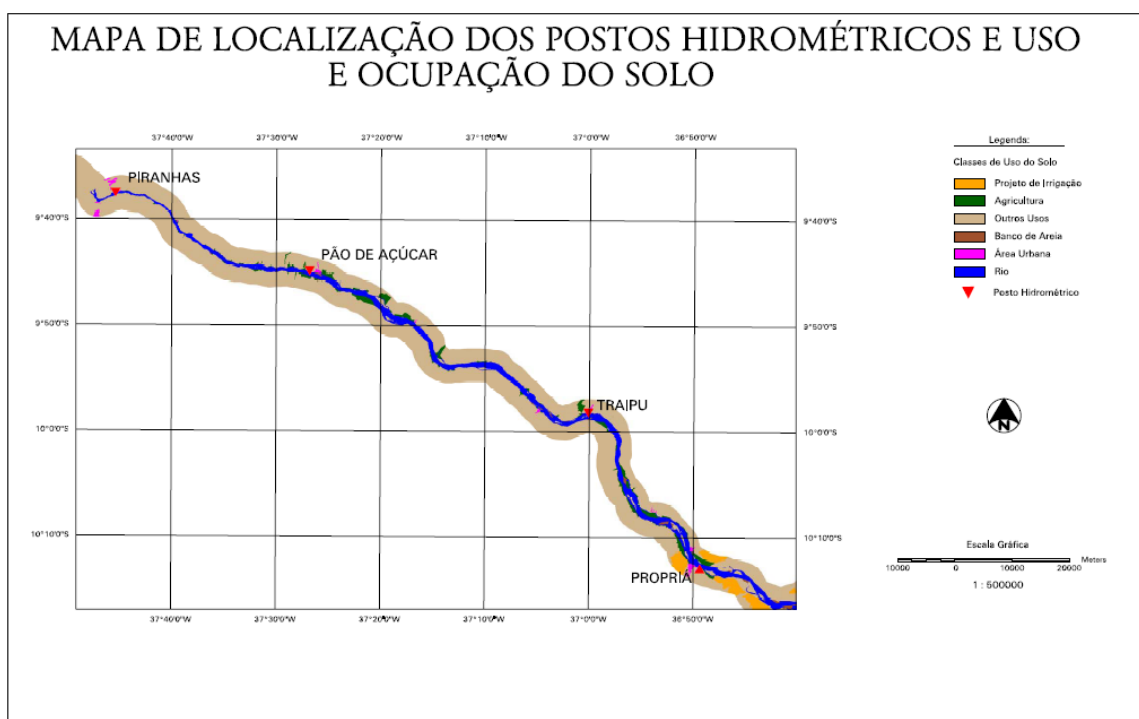


Figura 7 – Mapa de localização dos Postos Hidrométricos operados pela CHESF no Baixo São Francisco.

Posto Hidrométrico	Vazão Máxima Ocorrida (m ³ /s)	Cota máxima Atingida (m)
Piranhas	13.743	24,17
Pão de Açúcar	13.605	17,65
Traipu	13.027	11,51
Propriá	13.608	9,32

Tabela 5- Cotas e Vazões Máximas Ocorridas durante a cheia do ano de 1979, registradas nos Postos Hidrométricos Operados pela CHESF no Baixo São Francisco.

Após a validação dos resultados da classificação, o Mapa de Uso e Ocupação do Solo foi recortado nos limites das curvas de nível de 5m, 10m, 15m, 20m e 25m, oriundas do MDE do SRTM, para elaboração dos Mapas de Planície de Inundação e quantificação das áreas inundadas.

Para geração das curvas de nível foi usada a extensão Spatial Analyst Tools do ArcGis10. Usou-se o Map Algebra / Raster Calculator. Foram rodadas as expressões “mosaico_srtm.tif” ≤ 25 , ≤ 20 , ≤ 15 , ≤ 10 e ≤ 5 , que resultaram em 5 arquivos tipo raster.

Os raster's das curvas de nível geradas foram levados ao ERDAS IMAGINE 9.2 e transformados em annotations, no menu Utilities / Convert Images to Annotation. Posteriormente, as annotations foram transformadas em AOIs (Viewer / AOI/ Copy Selection to AOI), para execução dos recortes (Data Preparation / Subset Image) das áreas de inundação.

As áreas e os percentuais inundados foram, então, calculados para efetuar as análises individualizadas das planícies de inundação, conforme mostram as tabelas abaixo.

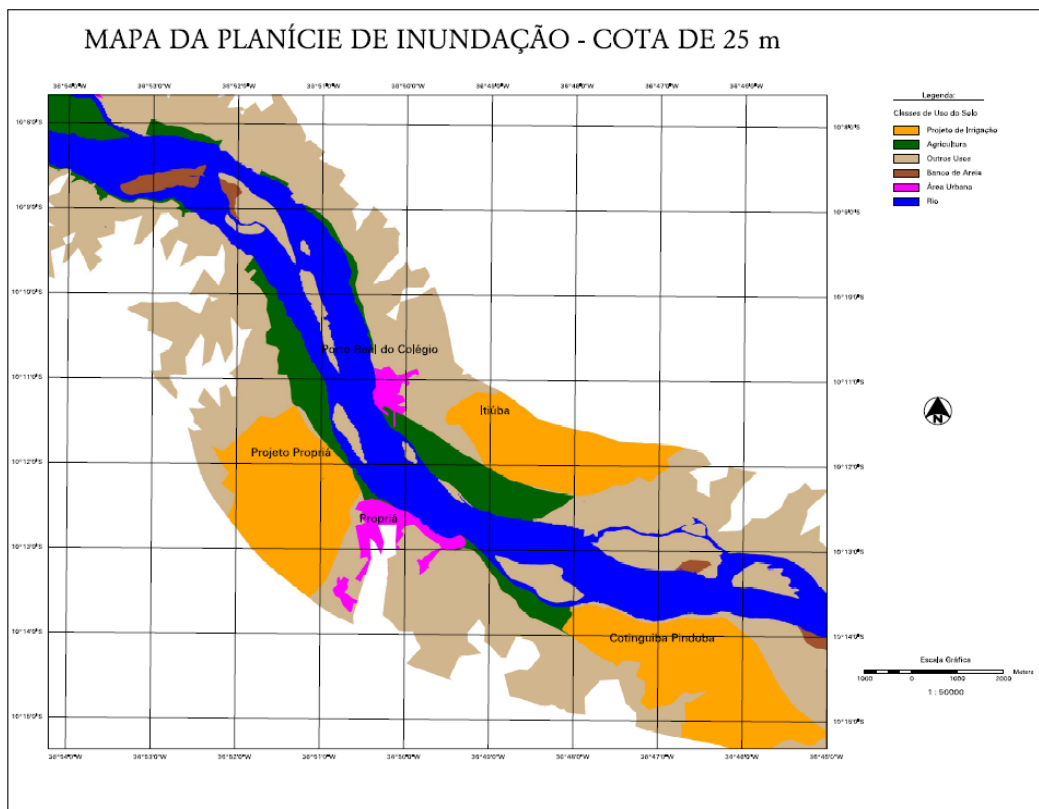


Figura 8- Mapa da Planície de Inundação para a cota de 25 m, nas proximidades da cidade de Propriá.

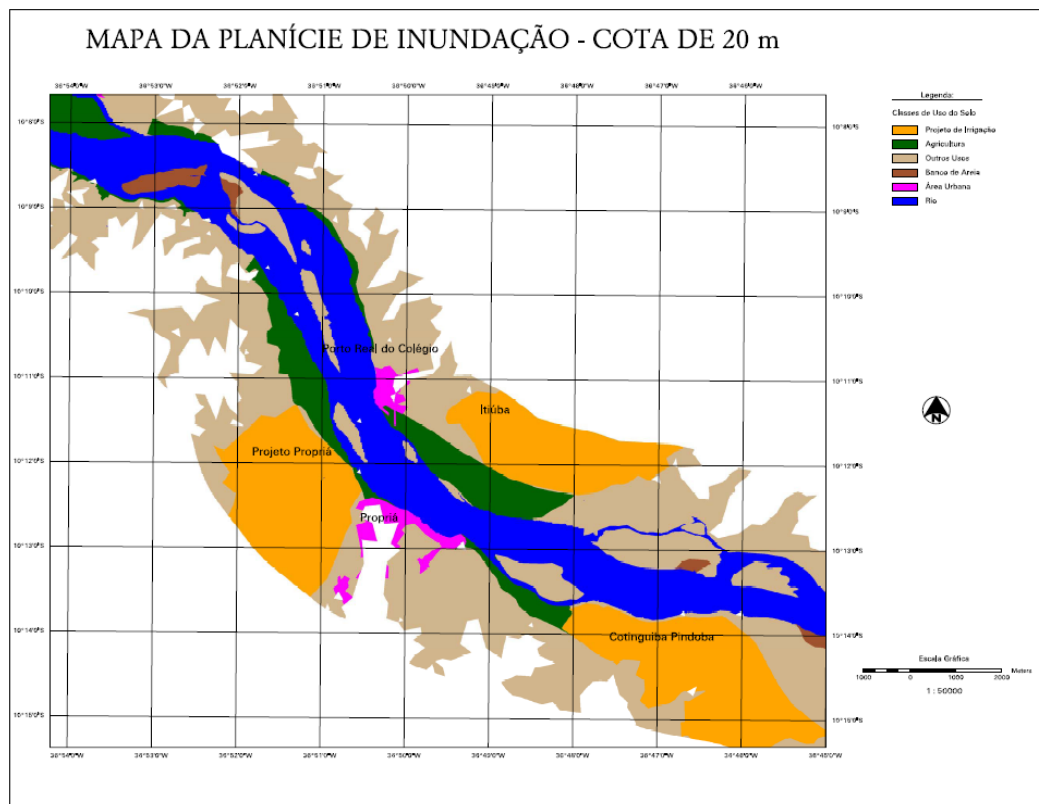


Figura 9- Mapa da Planície de Inundação para a cota de 20 m, nas proximidades da cidade de Propriá.