CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista online
http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/
ISSN 1678-6343

CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DE ÁREAS COM RISCO À INUNDAÇÃO EM CARDOSO MOREIRA E ITALVA, RIO DE JANEIRO

Claudio Henrique Reis
Prof. Dr. do Departamento de Geografia – UFF
claudioreis@id.uff.br

Raul Reis Amorim
Prof. Dr. do Departamento de Geografia - UNICAMP
raul_reis@ige.unicamp.br

Carmen Ferreira
Prof. Dra. do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFF
Prof. do Departamento de Geografia – Universidade do Porto (Portugal)
dra.carmenferreira@gmail.com

RESUMO

O objetivo é verificar a eficácia do uso de sensores remotos distintos no mapeamento do uso e ocupação das terras relativamente à área total dos municípios de Cardoso Moreira e Italva e para as áreas sujeitas a inundações de ambas as localidades, situadas no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé, no Estado do Rio de Janeiro. Foi utilizado o sensor Deimos para o mapeamento dos municípios em sua totalidade e o sensor RapidEye para a delimitação das áreas urbanas e as áreas sujeitas a inundação. O uso de ambos os sensores possibilita distinguir com exatidão as diferentes classes de uso e ocupação das terras. Os documentos cartográficos são fundamentais para os órgãos públicos e Defesa Civil na prevenção e mitigação dos efeitos decorrentes das inundações, tanto nas áreas urbanas como rurais das áreas em estudo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Inundações; Sistemas de Informações Geográficas.

CHARACTERIZATION OF USE AND OCCUPATION OF THE LANDS PRONE TO FLOODING IN CARDOSO MOREIRA AND ITALVA, RIO DE JANEIRO

ABSTRACT

The aim is to verify the efficacy of the use of different remote sensors in the mapping of use and occupation of lands to the total area of the municipalities of Cardoso Moreira and Italva and to the areas prone to flooding in both localities located on the lower course of the Muriaé river Basin, in the Rio de Janeiro State. It was used the Deimos sensor to the mapping of the total area of the municipalities and the RapidEye to the delimitation of the urban areas and those prone to flooding. The use of both sensors enables to distinguish with accuracy the different classes of use and occupation of lands. The cartographic documents are fundamental to the public bodies and Civil Defense in prevention and mitigation of the effects resulting from flooding, both in urban and rural areas in study.

Keywords: Remote sensing; Flooding; Geographic Information Systems.

Recebido em 26/02/2015
Aprovado para publicação em 27/05/2015

INTRODUÇÃO

As áreas sujeitas à inundação são áreas de risco ao assentamento humano, tanto para a habitação, quanto para empreendimentos comerciais, indústrias, atividades agrícolas ou mesmo mineração (NEVES e TUCCI, 2003; TUNDISI, 2006).

O processo de ocupação de qualquer área tem como princípio básico a proximidade de um corpo hídrico que possa sanar suas necessidades de abastecimento. Por isso, a ocupação das áreas de fundo de vale é muito comum (COSTA, 2001).

Mesmo com a atual legislação brasileira que determina que exista a Mata Ripária no entorno dos corpos hídricos (Áreas de Proteção Permanente - APP); em muitos municípios onde estão consolidados diferentes tipos de uso e ocupação das terras, estas premissas não são respeitadas, estando áreas urbanas, industriais e agrícolas situadas em áreas de inundação periódica. Em alguns casos, a remoção é inviável pelo alto custo e pela indisponibilidade de novas áreas apropriadas, restando, apenas, a adoção de ações preventivas e mitigadoras aos efeitos das inundações que ocorrem a cada ciclo de precipitação extrema na área drenada pela bacia hidrográfica.

A partir do exposto, o conhecimento e a delimitação das diferentes unidades de uso e ocupação das terras em áreas sujeitas às inundações são importantes para que o poder público e a sociedade civil possam executar as medidas estruturais e não estruturais, de forma que os efeitos das inundações afetem da menor maneirapossível a população em geral, os empreendimentos agrícolas, o patrimônio urbano, bem como as indústrias situadas nestas áreas de risco.

O uso de diferentes sensores remotos, somado à utilização dos softwares de Sistemas de Informação Geográfica e Processamento Digital de Imagens, possibilita mapear o uso e ocupação das terras em áreas sujeitas a inundações, e construir bancos de dados que possibilitem avaliar a evolução do uso e ocupação das terras. Não obstante, permite também espacializar cada uma das edificações atingidas por inundações, bem como os efeitos e consequências das mesmas. Tais informações são uteis para a Defesa Civil Municipal em suas ações preventivas nos municípios de Cardoso Moreira e Italva, situados nas Regiões Norte e Noroeste Fluminense (Rio de Janeiro - Brasil), no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé.

Justifica-se a escolha da área de estudo pelo fato da mesma estar sujeita a inundações periódicas, que geralmente ocorrem entre os meses de novembro e março, período de maior incidência de chuvas na bacia hidrográfica do Rio Muriaé. Diante deste contexto, o objetivo foi avaliar a eficácia de diferentes sensores remotos no mapeamento do uso e ocupação das terras nos municípios de Cardoso Moreira e Italva, Rio de Janeiro.

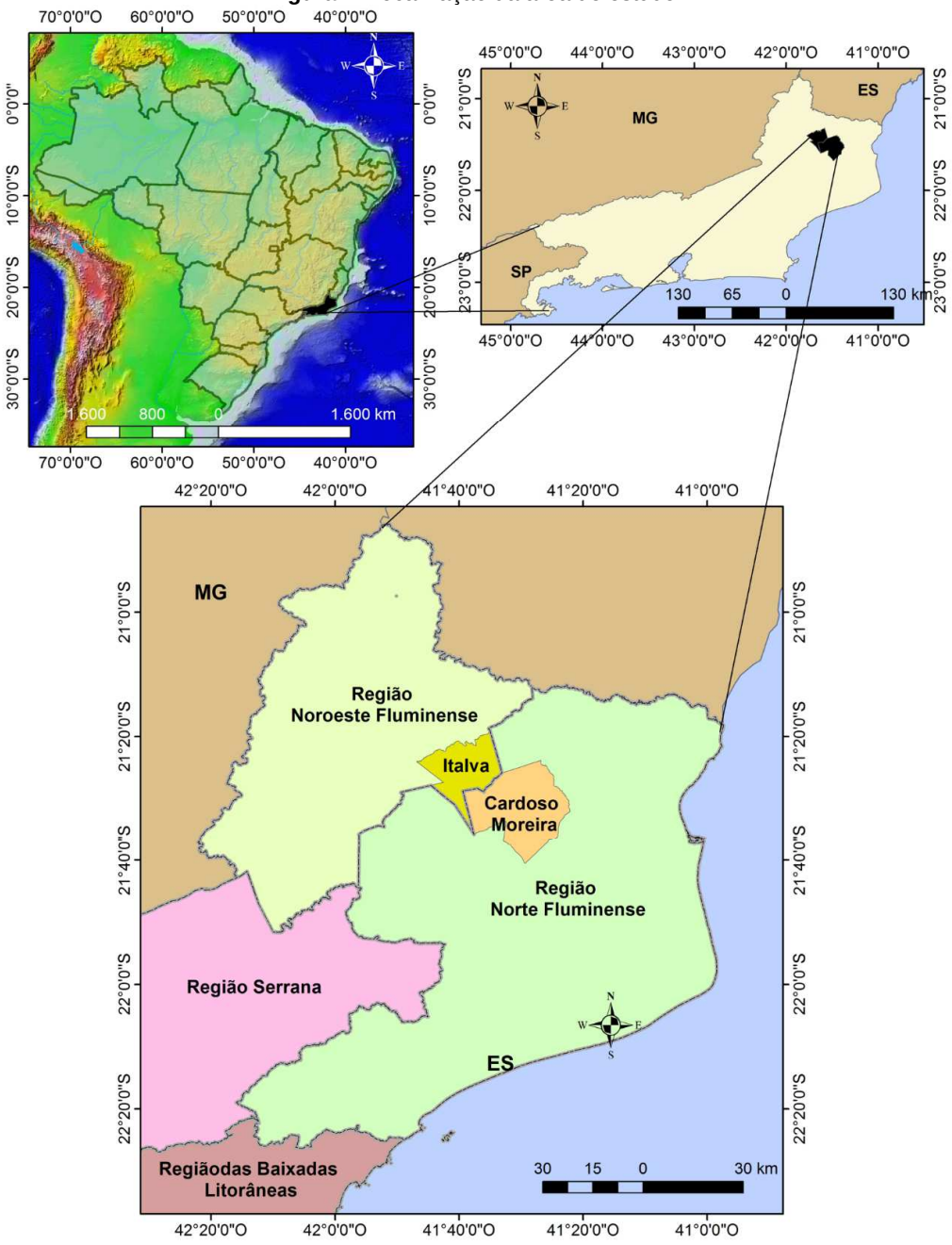
MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os municípios de Cardoso Moreira e Italva estão situados no Estado do Rio de Janeiro. Adotando-se o critério de Regiões Econômicas, Cardoso Moreira está situada na Região Norte Fluminense e o município de Italva na Região Noroeste Fluminense (Figura 1).

Os municípios de Cardoso Moreira e Italva estão situados no baixo curso do rio Muriaé, um dos principais afluentes do Rio Paraíba do Sul. A área pode ser dividida em dois domínios morfoestruturais: O **Cinturão Orogênico do Atlântico**, que é formado por rochas datadas do Meso/Neoproterozóico e do Neoproterozóico/Cambriano, que sofreram metamorfismo ao longo do Ciclo Brasiliano, onde esculpem-se colinas baixas, morros e morrotes nas porções mais dissecadas. Nas porções mais elevadas, situam-se as Serras Alinhadas Isoladas, que coincidem com as áreas de extração de mármore e calcário (AMORIM, 2014). Também são encontrados **Depósitos Sedimentares Quaternários**, relacionados à deposição do Rio Muriaé e do Rio Paraíba do Sul (AMORIM, 2014), cuja planície deposicional atinge cota altimétrica inferior a 40m, o que faz com que esta seja uma localidade preferencial de inundação (PRADO *et al.,* 2005).

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: IBGE (2015)

As restritas e descontínuas Planícies Fluviais embutidas no fundo de vale do Muriaé e dos seus tributários principais apresentam solos de boa fertilidade natural, recomendados para agricultura irrigada: Gleissolos eutróficos, Cambissolos eutróficos e Planossolos eutróficos, com aptidão restrita e regular para lavoura, respectivamente. Cabe mencionar que as várzeas do rio Muriaé próximas à localidade de Italva apresentam Neossolos Flúvicos salinos inadequados para agricultura. Nas demais áreas predominam os Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, Argissolo Amarelo álico, Argissolo Vermelho-Escuro eutrófico, e o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (CPRM, 2000; PRADO *et al.*, 2005).

A precipitação pluviométrica média da região não ultrapassa 1000 mm, sendo registrada ocorrência de valores inferiores a 800 mm. A evapotranspiração, segundo o método de Thornthwaite, é superior a 1300 mm anuais. Os autores destacam que em Cardoso Moreira e

Italva são registrados frequentemente, nos meses de janeiro, eventos de chuva com alta intensidade em pouco intervalo de tempo. Estes eventos acarretam danos aos municípios, tanto na área urbana quanto na rural. Assim, é comum ocorrerem enchentes no período entre o final de dezembro até o fim de fevereiro (PRADO *et al.*, 2005).

A cobertura vegetal natural da área de estudo era composta pela Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas e a Floresta Estacional Semidecidual Submontana (BASTOS e NAPOLEÂO, 2011) que foram degradadas para a implantação de atividades econômicas, como a lavoura de cana-de-açúcar e a pastagem.

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Para atender aos objetivos propostos, dividiu-se o trabalho em duas etapas: a caracterização dos episódios de inundações, e mapeamento do uso e ocupação das terras na totalidade dos municípios, e das áreas sujeitas a inundações na área em estudo.

Para caracterizar os episódios de inundações da área em estudo, foram utilizadas diversas fontes de dados coletados *in locu* e/ou em instituições públicas, como Defesa Civil, banco de Dados do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ), que, no Sistema de Alerta de Cheias disponibiliza dados hidrometereológicos em tempo real. Também foi consultado o banco de dados digital do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, que informa os episódios de inundações notificados pelas Defesas Civis municipais. Outro dado inventariado refere-se à série histórica de precipitação disponível no módulo *Hidroweb* da Agência Nacional das Águas (ANA), de onde foi possível retirar os dados de precipitação acumulada na estação pluviométrica situada em Cardoso Moreira (área de estudo) e na estação pluviométrica de Patrocínio de Muriaé. Embora a proposta fosse consultar todas as estações pluviométricas situadas na bacia hidrográfica em questão. Entretanto, os bancos de dados disponibilizados não compreendem todo o período estudado (1997-2014).

No que se refere ao mapeamento do uso e ocupação das terras, foi necessária a definição da escala taxonômica a ser adotada. Rodriguez *et al.* (2004) fazem algumas considerações sobre as escalas taxonômicas, que abrangem desde uma escala de análise muito geral até uma muito grande, mais específica e pontual, definida em cinco categorias distintas. Uma escala muito geral, onde o recorte trabalhado é o de um país e/ou estado: 1: 5.000.000. Outra, em esfera um pouco menor de abrangência de caráter geral, abarca estados e regiões: 1: 1.000.000. Uma definição em escala média, que abrange bacias hidrográficas e municípios; 1:100.000 – 1:50.000, seguida pelas escalas classificadas como grandes, caracteriza bairros e distritos; 1.50.000-1:10.000. Por fim, as escalas muito grandes, que visam projetos de uso e ocupação da terra: 1:1.000 – 1:2.000.

Nesta pesquisa tornou-se necessária uma representação cartográfica. Para a área total de ambos os municípios adotou-se a escala 1:50.000. Para as áreas sujeitas às inundações, adotou-se a escala 1:25.000.

Definida a escala taxonômica de trabalho, delimitou-se a área de estudo, os municípios de Cardoso Moreira e Italva, drenados pela bacia hidrográfica do Rio Muriaé, no software Arc GIS 10.2, com a construção de arquivos vetoriais no formato poligonal.

A delimitação dos trechos principais de inundação foi definida a partir da elaboração de um Modelo Digital de Elevação (MDE). Os dados utilizados para a interpolação foram extraídos das ortofotos utilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na elaboração das Cartas Topográficas do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000, dos dados do mapa de drenagem na escala 1:50.000, elaborado pelo Instituto Estadual do Ambiente (2011), dos pontos georreferenciados obtidos por um Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS) da marca Trimble GeoExplore 2800, e dos dados dos limites municipais.

O interpolador utilizado para a determinação da área de inundação foi o "*Topo to Raster*" que está disponível no software Arc GIS 10.2. Este algoritmo possibilita a utilização de múltiplos arquivos de entrada, como curvas de nível, hidrografia, delimitação de bacias e pontos cotados. Este interpolador gera dois MDEs, o primeiro com informações disponíveis da bacia do Rio Muriaé (curvas de nível, hidrografia, pontos cotados e contorno da bacia) – *Topo to Raster*

Padrão – e o segundo, apenas com os pontos do processamento das curvas de nível – *Topo to Raster* Condicionado.

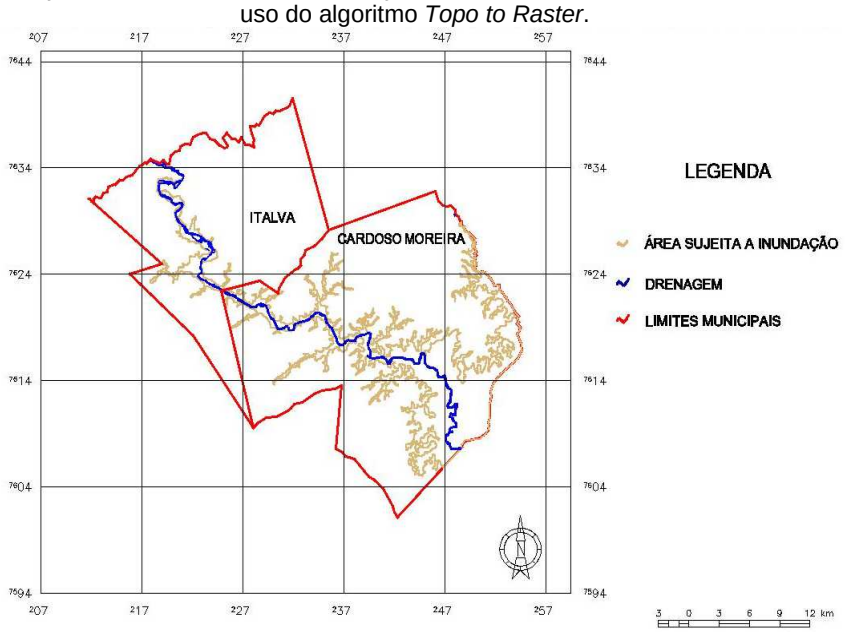
Para determinar os principais pontos de alagamento nos dois municípios, foram realizados dois trabalhos de campo. Para determinar os principais pontos de alagamento nos dois municípios e para definir a cota máxima de inundação foram realizados trabalhos de campo. Os trabalhos de campo foram acompanhados pelos técnicos ambientais da Defesa Civil de ambos os municípios. Os pontos georreferenciados a partir do DGPS foram pós-processados e corrigidos a partir dos dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas (GNSS), estação Campos dos Goytacazes/UFF (Figura 2).

Figura 2. Marcas da enchente ocorrida em Cardoso Moreira em Janeiro de 2008 (A). Inundação da Igreja Matriz em Cardoso Moreira, Janeiro de 2012 (B).

Fonte: Arquivo de imagens da Defesa Civil de Cardoso Moreira – RJ (agosto/2014).

A definição das áreas sujeitas a inundações dos municípios de Cardoso Moreira e Italva (Figura 3) foram realizadas após o cruzamento dos dados obtidos pelo DGPS com as informações dos pontos de alagamento transmitidas pela Defesa Civil dos municípios, sendopossível determinar a cota máxima de 40 m para ambos os municípios.A partir desta informação, todos os dados descritos anteriormente foram interpolados. Merz *et al* (2007, tradução nossa) apontam que “o risco de inundação pode ser descrito em diferentes escalas, desde a global até a escala local. Normalmente, os mapas na escala local são construídos na escala entre 1: 2.000 a 1: 20.000”. Neste estudo de caso, adotou-se a escala 1: 20.000.

Figura 3. Delimitação das áreas sujeitas a inundações nos Municípios de Cardoso Moreira e Italva, com o uso do algoritmo *Topo to Raster*.



Para o mapeamento do uso e ocupação das terras utilizou-se um sensor de média resolução espacial para a área total dos municípios e um sensor de alta resolução espacial para as áreas sujeitas a inundações, principalmente as áreas urbanas. Esta ferramenta mostra-se eficaz para a atuação da Defesa Civil na mitigação dos efeitos das inundações.

Para o mapeamento da área total dos municípios em uma escala de 1:50.000, utilizou-se o sensor Deimos/UFF/FAPERJ (Tabela 1).

Tabela 1. Principais características do satélite Deimos

Principais características do satélite DEIMOS	
Resolução Espectral	520-620 nm (verde); 630-690 nm (vermelho); 760-900 nm (infravermelho-próximo)
Resolução Espacial	22 x 22 m
Resolução Radiométrica	8 ou 10 bits por pixel.
Faixa Imageada	25 x 25 km

Fonte: ENGESAT (2015).

Para o mapeamento das áreas urbanas e áreas sujeitas a inundação em uma escala de 1:5.000, adotou-se o sensor RapidEye, disponível de forma gratuita na Plataforma Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente, e cedidas à Universidade Federal Fluminense (UFF) para fins de pesquisa (Tabela 2).

Tabela 2. Principais características do Satélite RapidEye

Principais características do satélite DEIMOS	
Resolução Espectral	440-510 nm (azul); 520-590 nm (verde); 630-690 nm (vermelho); 690-730 nm (Rededge); 760-880 nm (infravermelho-próximo)
Resolução Espacial	Imageado a 6,5 m (nível 1B), reamostrado a 5 m se for ortoretificado, nível 3ª
Resolução Radiométrica	12 bits por píxel.
Faixa Imageada	25 x 25 km

Fonte: ENGESAT (2015).

As imagens foram processadas no *software* Spring versão 5.2.6 (INPE, 2013). A finalidade do processamento digital de imagens é fornecer um conjunto de *softwares* que permita a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Os sistemas computacionais são utilizados para as atividades interativas de análise e manipulação das imagens originais. O resultado desse processo é a produção de outras imagens derivadas, ressaltando informações específicas obtidas a partir das imagens brutas.

Para o mapeamento de uso e ocupação das terras foi necessário cumprir as seguintes etapas: Delimitação e exclusão de áreas; Aumento de contraste; Processo de segmentação e Classificação por regiões Battacharya.

No processo de Delimitação e exclusão de áreas foi feita a operação de criação de máscara que permitiu isolar a área de interesse, evitando confusão entre assinaturas espectrais correlacionadas com a área adjacente representativa de outro tema (Figuras 4 e 5).

A etapa referente ao aumento de contraste é necessária porque os pixels contidos em uma imagem de satélite não se espalham por todo o intervalo de níveis de cinza, sendo mais comum a concentração em pequenas faixas, tornando as imagens muito escuras. Essa peculiaridade ocorre em todas as imagens orbitais devido às brumas atmosféricas, má iluminação solar da cena, desempenho deficiente do sensor e às próprias características da cena (GONZÁLES e WINTZ, 2000). Existem várias formas de aumento de contraste. A forma mais simples e mais utilizada, aplicada neste trabalho, é conhecida pelo aumento linear de contraste (Figura 6). Nesta função, é possível a manipulação de dois parâmetros do histograma da imagem original: escolher o intervalo de níveis de cinza a ser realçado e o range a ser estabelecido. O realce linear foi executado individualmente para cada banda do sensor Deimos e RapidEye.

Figura 4. Imagens do Satélite Deimos do entorno da região estudada.

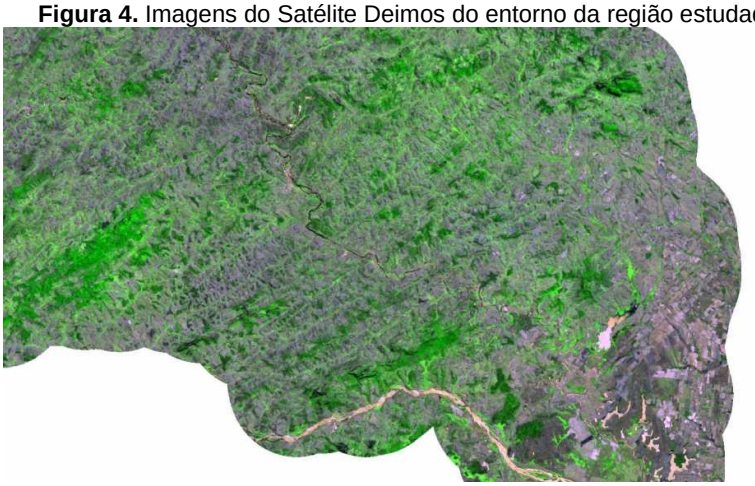


Figura 5. Máscara criada dos limites municipais para iniciar a classificação digital

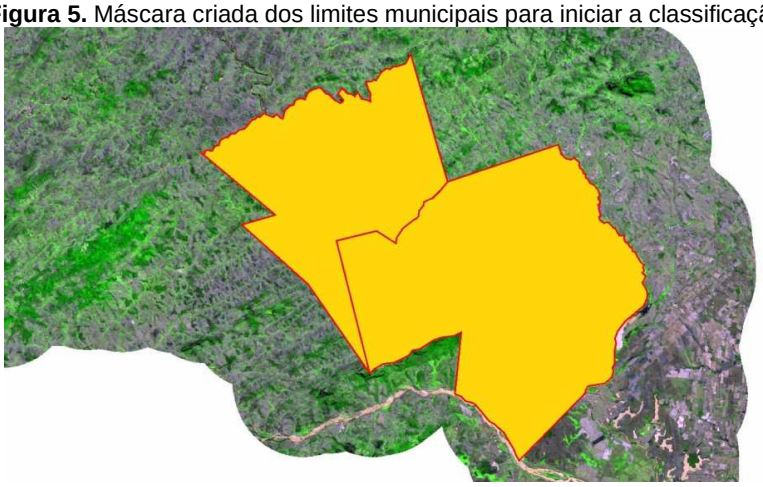
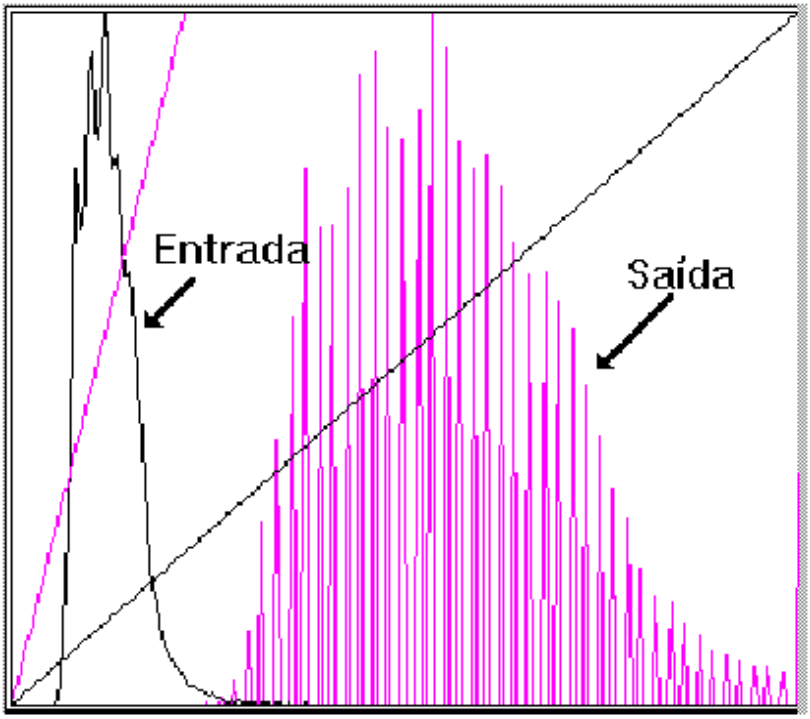


Figura 6. Exemplo de histograma de contraste linear em uma imagem digital.



Fonte: Adaptado de GONZÁLES e WINTZ (2000).

A técnica de segmentação por crescimento de regiões é um processo interativo em que as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas segundo critérios de similaridade. Para cada região, foram calculados os atributos espectrais: média, variância e textura. A agregação das regiões foi feita usando critério de similaridade e um limiar previamente definido. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. De um modo simplificado, o processo foi descrito pelos seguintes passos, conforme Santos *et al.(*2010): particionou-se toda imagem em células padrões (1 ou mais pixels); cada célula padrão foi comparada com suas células vizinhas para determinar se elas são similares, usando uma medida de similaridade. Se elas são similares, agrupou-se as células para formar um segmento e atualizou-se as propriedades usadas na comparação; o crescimento do segmento é estabelecido examinando todos os seus vizinhos, até que não existam regiões que pudessem ser agrupadas ao segmento. Foi rotulado o segmento como uma região completa; processou-se a próxima célula não completa e repetiu-se estes passos até que todas as células fossem rotuladas. Para as imagens do satélite Deimos e RapidEye, foram utilizados o grau de similaridade e área de pixels iguais: 20 para similaridade e 30 para área de pixel.

A etapa de Classificação por regiões Battacharya foi elaborada deacordo com Santos *et al.* (2010). O classificador por regiões Battacharya é usado para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Este algoritmo não supõe nenhum conhecimento prévio da distribuição da densidade de probabilidade dos temas e resumiu-se em três etapas: definição do limiar de aceitação em percentual; detecção das classes em que as regiões foram ordenadas em ordem decrescente de área, para posteriormente agrupá-las em classes; e a associação das classes definidas pelo algoritmo a partir de amostras indicadas na imagem.

O processo de classificação aqui utilizado para caracterizar o uso e ocupação das terras foi apoiado em fotografias aéreas cedidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), imagens do satélite Deimos (escala 1:50.000) e do satélite RapidEye (escala 1:25.000), além de trabalhos de campo. A classificação digital foi determinada a partir das classes definidas: (1) Mata Ciliar que é um tipo de cobertura vegetal nativa, localizada às margens de rios, igarapés, lagos, nascentes e represas. O nome “mata ciliar” deriva do fato de serem muito importantes para a proteção de rios e lagos. As matas ciliares também são conhecidas como mata de galeria, vegetação ribeirinha ou vegetação ripária; (2) Mata Secundária (florestas secundárias) são aquelas resultantes de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas onde no passado houve corte raso da floresta primária. Nesses casos, quase sempre as terras foram temporariamente exploradas para a agricultura ou pastagem e a floresta ressurge espontaneamente após o abandono destas atividades; (3) Pastagem utilizada para a alimentação do gado e, por extensão, o terreno onde o gado é deixado para se alimentar; (4) Cultura está associado à atividade canavieira e à agricultura de subsistência; e (5) Área Urbana que são Núcleos urbanos do primeiro distrito dos municípios de Cardoso Moreira e Italva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AS INUNDAÇÕES NO BAIXO CURSO DO RIO MURIAÉ

Verifica-se que a Defesa Civil dos municípios de Cardoso Moreira e Italva notificaram as ocorrências de inundações entre 1997 e 2012 e que essas ocorrênciasestão diretamente relacionadas as precipitações acumuladas, de volumes superiores a 100 mm em um período de cinco dias. Apenas na inundação brusca registrada em 06 de janeiro de 1997, o volume acumulado de chuvas nas áreas inundadas foi de 5,5 mm, enquanto na área a montante, na cidade de Patrocínio do Muriaé, registraram-se chuvas acumuladas em nível acima de 260 mm. Na inundação gradual registrada em 05 de fevereiro de 2004, os volumes de chuvas foram considerados baixos em ambas as estações meteorológicas analisadas. Neste episódio, não houve um transbordamento do Rio Muriaé nas cidades de Cardoso Moreira e Italva, mas sim de alguns canais e córregos que desaguam no Rio Muriaé, que alagou ruas da área urbana e áreas rebaixadas da área rural (Tabela 3).

Cabe mencionar que os municípios de Cardoso Moreira e Italva estão situados no baixo curso do rio Muriaé, um dos principais afluentes do Rio Paraíba do Sul. Nesta área, sua planície atinge cota altimétrica inferior a 40 m, o que faz com que esta seja uma localidade preferencial

de inundação. Identificar o tipo de uso e ocupação das terras inundáveis pode mitigar efeitos das inundações, tanto para a população do campo como para a das cidades (PRADO *et al.,* 2005).

Tabela 3. Síntese das ocorrências de inundações registradas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres pelos municípios de Cardoso Moreira e Italva entre 1997 e 2012.

Data de Registro da ocorrência	Municípios	Precipitação acumulada (mm) *in loco* (05 dias)	Precipitação acumulada (mm) a montante (05 dias)	Fenômeno
06/01/1997	Cardoso Moreira	5,5	264,7	Enxurrada ou inundação brusca
	Italva	5,5	296,0	
05/02/2004	Cardoso Moreira	26,4	6,0	Enchentes ou inundações graduais
	Italva	26,4	6,0	
04/03/2005	Cardoso Moreira	85,5	177,9	
04/01/2007	Cardoso Moreira	148,3	94,8	
06/01/2007	Italva	165,2	84,6	
17/12/2008	Cardoso Moreira	127,0	188,5	
18/12/2008	Italva	180,5	220,7	
05/01/2009	Italva	185,9	99,3	Enxurrada ou inundação brusca
15/01/2011	Cardoso Moreira	143,2	126,4	
02/01/2012	Italva	128,7	267,7	Enchentes ou inundações graduais

Fonte: S2ID (2015); ANA (2015)

Costa (2001) demonstra que a inundação brusca que atingiu Cardoso Moreira e Italva em 1997 foi decorrente dos 6 dias de chuvas fortes, considerada até então, a maior enchente dos últimos 20 anos na região, com grandes áreas alagadas e o registro de 30 mil pessoas desalojadas em toda a bacia hidrográfica do Rio Muriaé.

Prado *et al.* (2005) aponta que alguns estudos foram feitos pela UFRJ (2001, 2002) no âmbito do programa de Enchentes e Drenagem Urbana para a parte fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul, que configuraram um dos componentes do Programa de Investimentos desenvolvido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA/SERLA. Segundo estas análises, em janeiro de 1997 ocorreu uma cheia de grande porte na bacia do rio Muriaé, que acarretou sérios problemas às cidades de Cardoso Moreira, Italva, Itaperuna, Porciúncula, Natividade, Laje do Muriaé, Patrocínio do Muriaé e Carangola. Este evento motivou a elaboração de um estudo preliminar de controle de inundações do rio Muriaé, aventando solução para o problema com a implantação de reservatórios de acumulação na bacia, de forma a amortecer o pico das cheias que atingem as cidades ribeirinhas, diminuindo assim a frequência e a magnitude das inundações e, consequentemente, os prejuízos causados.

Viana *et al*. (2011) reconstitui o histórico de instalação dos Sistemas de Alerta de Cheias no Estado do Rio de Janeiro, pelo Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA). A partir de outubro de 2007 são instaladas 10 estações termelétricas na Região da Baixada Fluminense. Em 2008, o sistema chega a Região Serrana, com a instalação, em dezembro de 2008, de mais 6 estações telemétricas na bacia hidrográfica do Rio Bengala, com o objetivo de proteger a cidade de Nova Friburgo.

A partir de novembro de 2011, implantou-se as estações automáticas no rio Muriaé, nas cidades de Cardoso Moreira e Italva, a fim de monitorar em tempo real e divulgar, a cada 15 minutos, os dados referentes à precipitação e nível de água, a partir do uso de medidores eletrônicos nos rios em monitoramento pelo Sistema de Alerta de Cheias. As estações telemétricas foram equipadas com *datalogger* e modem celular com capacidade de transmissão pelo sistema GSM/GPRS. Neste sistema, as estações transmitem para o servidor

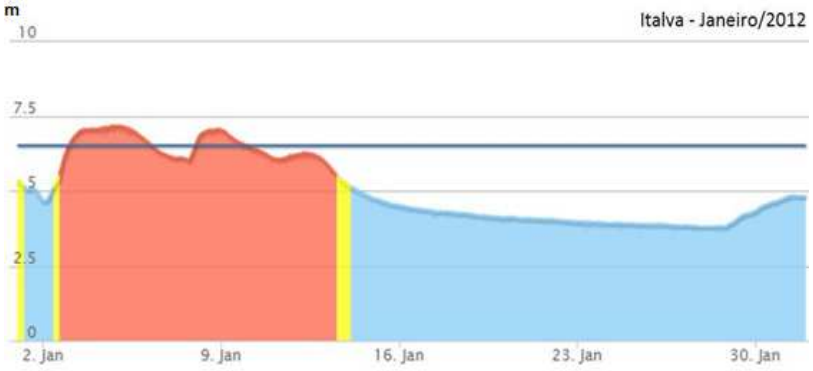
da Estação Central do INEA informações sobre a vazão dos rios sob efeito de grandes volumes pluviométricos (VIANA *et al*. 2011).

Tundisi (2006) afirma que o suporte tecnológico é importante para desenvolver os sistemas de alerta de cheias, que além de constituírem como uma ferramenta para o poder público e a Defesa Civil atuarem nos episódios de inundações, permitem o estabelecimento de uma rede de monitoramento (vazão e qualidade da água) para transmissão de dados a centrais de processamento e informação responsáveis pelo acompanhamento e gestão de áreas de risco.

Tundisi *apud* Braga *et al.* (2006) apontam que a compreensão sobre a variabilidade espacial da oferta de águas atmosféricas, superficiais e subterrâneas deve ser determinada através de redes adequadas de monitoramento. Segundo esses autores, as informações básicas necessárias ao gerenciamento preditivo e integrado, no âmbito de bacias hidrográficas, são: (a) *Características físicas dos sistemas hídricos*: relevo, hidrologia, solo, cobertura vegetal, obras hidráulicas e ações autróficas; (b) *Comportamento hidroclimatológico*: séries históricas de pluviometria, outras variáveis climáticas, sedimentometria e qualidade da água; e (c) *Dados socioeconômicos*: produção agrícola e produção industrial, demografia, crescimento populacional, economia regional.

A INEA apresenta no sistema de Alerta de Cheias o gráfico da última inundação que ocorreu no rio Muriaé, no município de Italva, registrada pela Defesa Civil no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Para a leitura do gráfico, o INEA define três cores: sendo azul para nível abaixo da cota, amarelo para nível próximo da cota, e rosa para nível acima da cota. O gráfico de nível de água mostra que o rio Muriaé, em Italva, transborda ao atingir a cota de 6,5 m. Entre 03 a 10 de janeiro de 2012, o rio atingiu seu nível máximo, 7,20 m (Figura 7).

Figura 7. Nível batimétrico do Rio Muriaé, no município de Italva em janeiro de 2012.



Fonte: INEA (2015).

Outro episódio de inundação que merece destaque foi o ocorrido em janeiro de 2007. Além dos altos índices de precipitação, as inundações foram agravadas pelo rompimento da barragem da Mineradora Rio Pomba-Cataguases. A grande quantidade de lama lançada no rio Fubá chegou aos rios Muriaé e Paraíba do Sul, atingindo os municípios de Cardoso Moreira e Italva, além dos municípios a montante da bacia hidrográfica do Rio Muriaé. Duarte (2008) aponta que ocorreu vazamento de lama, em março de 2006, na barragem do Rio Pompa (Mineração Cataguazes - Miraí, MG), que ocasionou danos ambientais, prejuízos materiais e suspensão de abastecimento de água em cidades de MG e RJ. Em janeiro de 2007, a situação se repete e se soma às mais de 500 pessoas desalojadas em função do rompimento da barragem. O abastecimento de água na bacia do Rio Muriaé nos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro é interrompido durante estes episódios por conta do comprometimento da qualidade da água, como nos mostram Monteiro *et al* (2014).

O USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NAS ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ

Ao analisar a figura 3, verificou-se a necessidade do mapeamento de uso e ocupação das terras para a área total dos municípios de Cardoso Moreira e Italva, uma vez que em ambos as áreas de inundação extrapolam os limites da área urbana. Neste sentido, este princípio

metodológico se justifica, ao passo que compreender o uso e ocupação das terras das áreas não-inundáveis torna possível a execução de ações de planejamento territorial que visem a avaliação da "situação das cheias para parcelas individuais e objetos como edificações e infraestruturas, que são a base para as medidas de proteção contra as inundações locais" (MERZ *et al*, 2007), bem como para a definição de possíveis áreas de expansão da cidade, realocação das populações em área de risco e implantação de novas atividades econômicas

Comprovou-se que os municípios apresentam similaridades no que se refere ao uso e ocupação das terras. Conforme a Tabela 4, acima de 60% de suas áreas são ocupadas por pastagens, seguidas por manchas de Mata Secundária (que em ambos os municípios são inferiores a 20%) e de Mata Ciliar, que abarca aproximadamente 15% em cada município (Figura 8A e 9A).

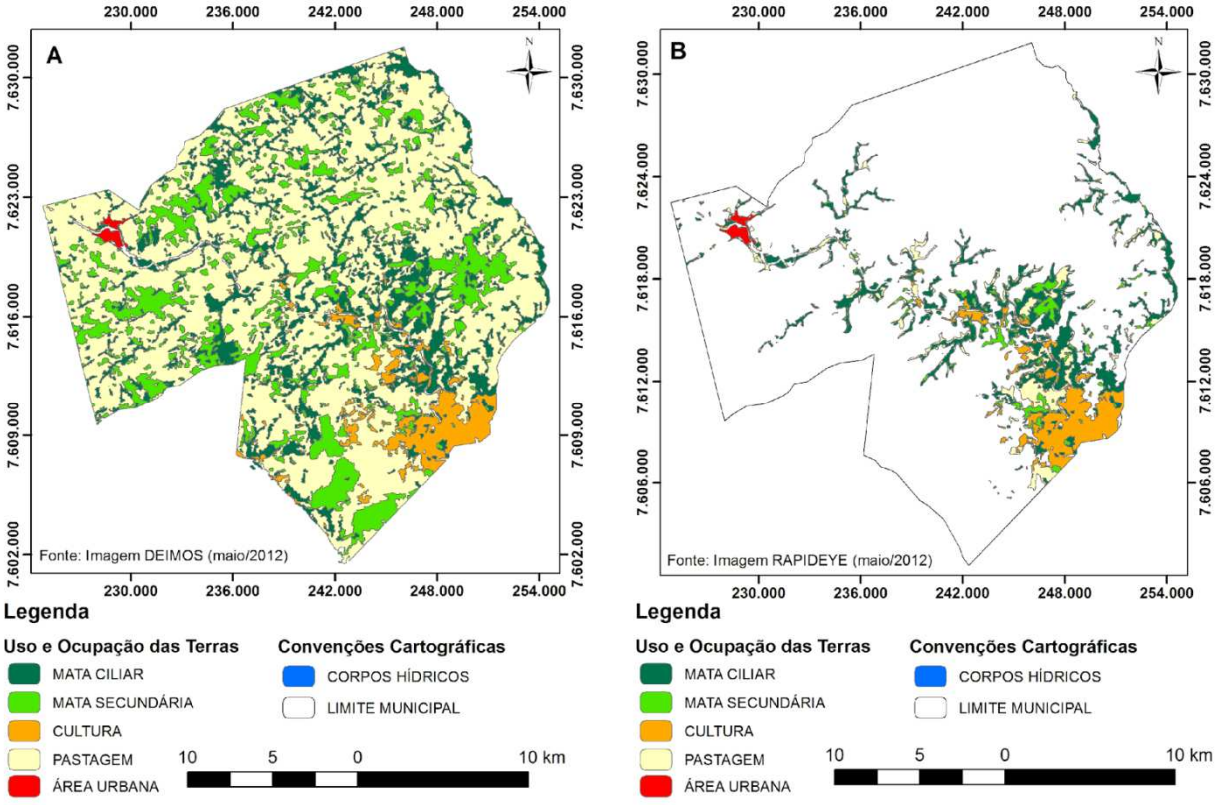
Bastos e Napoleão (2011) indicam, no mapeamento do uso e ocupação das terras na escala 1:100.000, realizado para todo o Estado do Rio de Janeiro, utilizando nas imagens Landsat 5 a mesma similaridade nas classes de uso, onde a pastagem é a forma de uso predominante.

Tabela 4. Área de classes de uso e ocupação das terras nos municípios de Cardoso Moreira e Italva, no ano de 2012.

CLASSES	Cardoso Moreira		Italva	
	Área (km²)	(%)	Área (km²)	(%)
Mata Ciliar	83	15,8	40	13,6
Mata Secundária	84	16,0	50	17,0
Pastagem	320	61,0	200	68,0
Cultura	23	4,4	1,2	0,4
Área Urbana	2	0,4	2,5	0,9
Área Não Classificada	13	2,4	0,3	0,1
Área Total	525	100	294	100

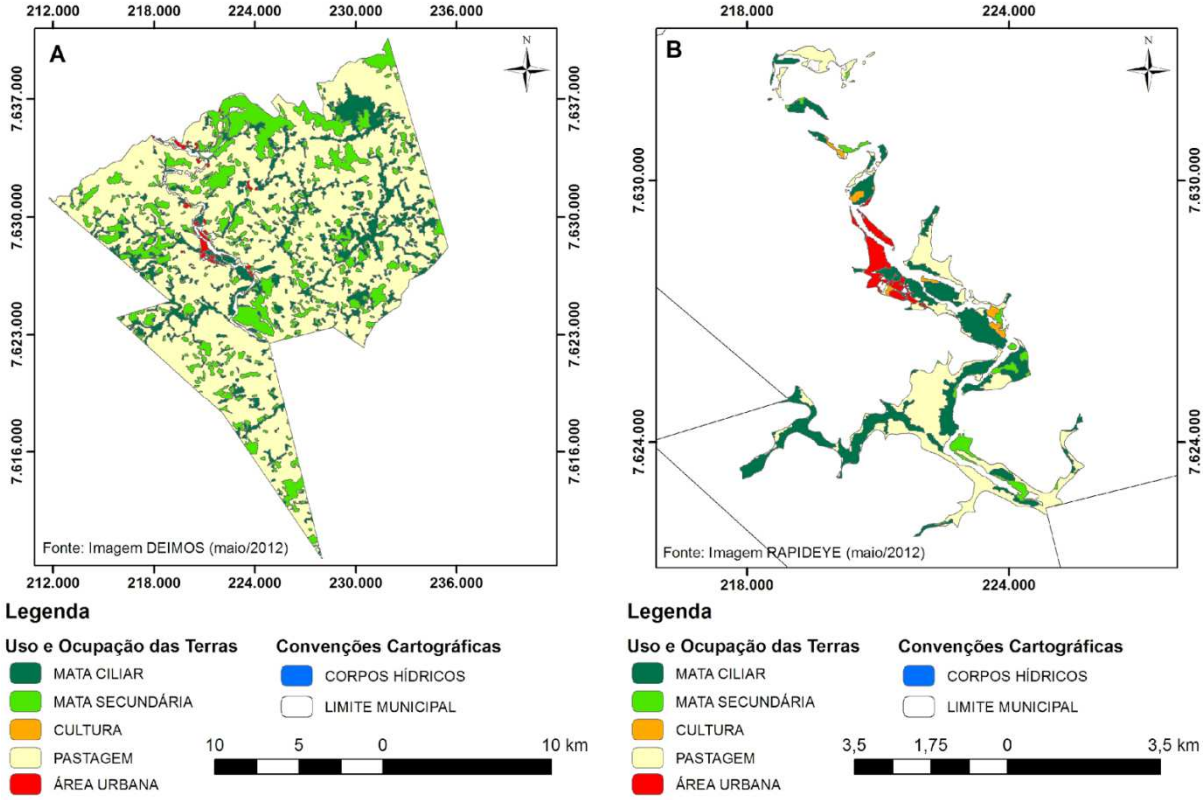
Fonte: Imagens DEIMOS (maio/2012).

Figura 8. Mapa de uso e ocupação das terras do município de Cardoso Moreira (A); Mapa de uso e ocupação das terras nas áreas sujeitas a inundações do município de Cardoso Moreira – RJ (B).



Fonte: A – Imagem Deimos (2012); B Imagem RapidEye (2012)

Figura 9. Mapa de uso e ocupação das terras do município de Italva – RJ (A); Mapa de uso e ocupação das terras nas áreas sujeitas a inundações do município de Italva – RJ (B).



Fonte: A – Imagem Deimos (2012); B Imagem RapidEye (2012)

Já nas áreas sujeitas a inundação (Figura 8B e Figura 9B), conforme a Tabela 5, o município de Cardoso Moreira apresenta maior área inundável, cerca de 120 km², o que corresponde a 23% da área total do município estando sujeita a inundações. Cerca de 50% das áreas propensas a inundação do município de Cardoso Moreira corresponde ao uso de pastagens. A área urbana de Cardoso Moreira abrange apenas 0,4% da área total do município (Tabela 5), e 1,3% da área sujeita à inundação (Tabela 5). Mesmo apresentando uma área tão pequena, a área urbana de Cardoso Moreira, nos episódios de inundação, é atingida em 80%. Além da área urbana, 78% das áreas de culturas e 40% das áreas de mata ciliar estão nas áreas inundáveis.

Tabela 5. Área de classes de uso e ocupação das terras nas áreas de inundação dos municípios de Cardoso Moreira e Italva, no ano de 2012.

CLASSES	Cardoso Moreira		Italva	
	Área (km²)	(%)	Área (km²)	(%)
Mata Ciliar	34	28,4	4,7	33,0
Mata Secundária	8	6,6	1,2	8,1
Pastagem	57	48,0	6,2	44,0
Cultura	18	15,0	0,7	5,0
Área Urbana	1,6	1,3	1,3	9,2
Área Não Classificada	1	0,7	0,1	0,7
Área Total	119,4	100	14,2	100

Fonte: Imagens RAPIDEYE (maio/2012)

A configuração do relevo do município de Italva faz com que apenas 5% da área total do município estejam sujeitas a inundações. No município de Italva, além da planície fluvial do rio Muriaé, o modelado é composto predominantemente por baixas colinas e morros com declividades superiores a 25% (PRADO *et al,* 2005).

O tipo de uso que mais apresenta problemas com as inundações são as áreas de pastagens (44%), seguidas das áreas de mata ciliar (33%), no total de áreas inundáveis. No que se refere

à cidade de Italva, 53% de sua área é inundável. Vale ressaltar que tanto Cardoso Moreira quanto Italva apresentam perímetros urbanos inferiores a 3% do total de suas áreas territoriais. Entretanto, mais de 70% da população de ambos os municípios reside em seus respectivos núcleos urbanos e, na ocorrência de episódios de inundação, estes aglomerados estão muito vulneráveis (Tabela 5).

Prado *et al.* (2005) afirmam que no rio Muriaé, bem como seus afluentes não apresentam matas ciliares, sendo que alguns trechos se apresentam bastante assoreados, certamente devido aos processos erosivos.

Os episódios de inundação nos municípios de Cardoso Moreira e Italva ocasionam problemas tanto na área rural como na área urbana. Na área rural, a inundação das áreas de pastagens e culturas afeta a economia dos municípios, que obtém do setor primário a sua principal receita. As áreas urbanas, situadas as margens do rio Muriaé, são afetadas de forma intensa pelas inundações, fazendo com que grande parte da população seja atingida, de forma direta, por inundações de suas residências, ou de forma indireta, quando os serviços públicos como postos de saúde, bancos, estabelecimentos comerciais e demais órgãos públicos são atingidos pela cheia do canal.

O caso do município de Cardoso Moreira é mais grave, pois a sede de todos os órgãos públicos da cidade, incluindo a sede da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros, são atingidos pelas inundações, dificultando assim a ação do poder público na mitigação dos efeitos e na ação de socorro de tais ocorrências.

A ocorrência de inundações na área rural afeta diretamente a população, pois estas áreas não são atendidas pelo sistema de saneamento básico. No que se refere ao esgotamento sanitário, predominam as fossas sépticas e valas, o abastecimento de água é obtido através de poços, e o lixo queimado (Tabelas 6, 7 e 8). Em caso de inundações, tais condições de saneamento são prejudiciais aos moradores, pois o risco de transmissão de doenças é elevado. Magalhães *et al.* (2009) afirmam que as doenças de vinculação hídrica não são transmitidas apenas durante o período das chuvas intensas e das cheias dos rios. O contato com o solo e a lama contaminados demonstra a importância do elo hídrico nos demais subsistemas naturais para a transmissão das doenças ao homem.

Tabela 6. Tipo de esgotamento sanitário nas áreas urbana e rural dos municípios de Cardoso Moreira e Italva no ano de 2010.

Tipo de esgotamento sanitário	Cardoso Moreira			Italva		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
Rede geral de esgoto ou pluvial	1.818	40	1.858	3.011	324	3.335
Fossa séptica	201	523	724	83	139	222
Fossa rudimentar	194	153	347	217	371	588
Vala	571	451	1.022	107	357	464
Rio, lago ou mar	261	23	284	142	78	220
Outro tipo	4	33	37	11	25	36
Não tinham	4	5	9	7	5	12
Total	3.053	1.228	4.281	3.578	1.299	4.877

Fonte: IBGE – SIDRA (2010).

Tabela 7. Forma de abastecimento de água nas áreas urbana e rural dos municípios de Cardoso Moreira e Italva no ano de 2010.

Forma de abastecimento de água	Cardoso Moreira			Italva		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
Rede geral	2.635	293	2.928	3.484	580	4.064
Poço ou nascente na propriedade	277	708	985	70	512	582
Poço ou nascente fora da propriedade	137	210	347	8	163	171
Carro-pipa ou água da chuva	-	2	2	9	24	33
Rio, açude, lago ou igarapé	2	10	12	-	18	18
Total	3.053	1.228	4.281	3.578	1.299	4.877

Fonte: IBGE – SIDRA (2010).

Tabela 8. Destino do lixo nas áreas urbana e rural dos municípios de Cardoso Moreira e Italva no ano de 2010.

Destino do lixo	Cardoso Moreira			Italva		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
Coletado	2.968	363	3.331	3.470	632	4.102
Coletado por serviço de limpeza	2.670	322	2.992	3.092	571	3.663
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	298	41	339	378	61	439
Queimado (na propriedade)	77	835	912	94	645	739
Enterrado (na propriedade)	1	4	5	2	5	7
Jogado em terreno baldio ou logradouro	5	15	20	10	12	22
Jogado em rio, lago ou mar	1	-	1	-	-	-
Outro destino	1	11	12	2	5	7
Total	3.053	1.228	4.281	3.578	1.299	4.877

Fonte: IBGE – SIDRA (2010).

Outro efeito das inundações nas áreas rurais é o comprometimento das lavouras temporárias e do manejo do rebanho. Dias Filho (2005) afirma que o alagamento ou o encharcamento temporário do solo é uma problemática que pode trazer sérios prejuízos para o desenvolvimento agropecuário. Embora seja, em diversas regiões, um evento raro, em outras, é um problema crônico enfrentado pelos produtores.

Considerando que cerca de 80% da área urbana de Cardoso Moreira e 53% da área urbana de Italva são inundáveis, as deficiências no saneamento básico intensificam e agravam os efeitos das inundações em ambos os municípios, pois além de causar danos materiais, também podem ampliar os problemas de saúde, por conta da água contaminada por lixo e esgoto que não são lançados no rio apenas *in loco*, mas ao longo de toda a bacia do rio Muriaé. Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008) ambos os municípios não têm estação de tratamento de esgoto. O mesmo é captado pela rede geral do município e lançado *in natura* no Rio Muriaé ou, em menor proporção, lançados em fossas e/ou valas. Prado *et al* (2005) afirmam que nos municípios de Cardoso Moreira e Italva o esgoto é lançado no rio Muriaé ou afluentes, comprometendo a qualidade da água. (Tabela 6).

No que se refere ao abastecimento de água, conforme a Tabela 7, ambos os municípios têm convênio com a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), que faz o tratamento e a distribuição da água em ambos os municípios. Conforme o site da CEDAE (2015), a estação de Tratamento de Água situada em Cardoso Moreira trata 32 litros de água por segundo e abastece 8.223 de habitantes, enquanto que a estação de Tratamento de Água de Italva trata 38 litros de água por segundo e abastece 8.630 de habitantes. Conforme a CEDAE (2015), os principais problemas da água de ambos os municípios são: presença de sólidos em suspensão (óxido de ferro) provenientes da corrosão das tubulações e, em casos mais raros, contaminação por esgoto, decorrente, em mais de 95 % dos casos, de ligações clandestinas que proporcionam a infiltração do esgoto no interior da rede.

Conforme Brasil (2010) no artigo nº 54 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada por Decreto Presidencial, em 23 de dezembro de 2010, a partir de 03 de agosto de 2014, em nenhuma unidade da federação poderá haver lixões a céu aberto. Além disso, será proibido depositar em aterros sanitários qualquer tipo de resíduo que seja passível de reciclagem ou reutilização.

Neves e Tucci (2003) apontam a necessidade do gerenciamento integrado da gestão dos resíduos sólidos nas áreas urbanas. Em cidades pequenas o problema da disposição inadequada do lixo não atinge apenas a área urbana, pois durante as cheias, os resíduos sólidos podem atingir a área rural, que é adjacente. Os autores afirmam que os sistemas integrados de drenagem urbana têm como papel, além da cobertura urbana de proteção contra inundações, cuidar do melhoramento da qualidade de vida pela produção de feições aquáticas, criando amenidade urbana na cidade.

Conforme a Tabela 8, o lixo em ambos os municípios é coletado. Contudo, a inexistência de aterros municipais acarreta o seu descarte inadequado. Em Cardoso Moreira e Italva existiam,

até 2014, lixões municipais. O lixão municipal de Cardoso Moreira era localizado atrás do Cemitério, o que agrava os níveis de entrada de chorume nos níveis freáticos da cidade. Até meados de 2014, o aterro sanitário que iria recepcionar o lixo de ambas as cidades, o Consórcio Noroeste I, que está sendo construído no distrito de Pureza (São Fidélis), sofreu atrasos, e o lixo de ambos os municípios continua a ser lançados nos lixões municipais ainda não desativados.

Considerando os problemas de infraestrutura de ambos os municípios, para mitigar os efeitos das inundações em Cardoso Moreira e Italva, sugere-se a adoção de medidas estruturais e não estruturais.

No caso das medidas estruturais, a construção de estações de tratamento de esgoto, a destinação correta do lixo e a diminuição na contaminação da rede de água para abastecimento podem melhorar a qualidade de vida da população e, em caso de inundações excepcionais, impedir que a água seja contaminada, o que transmite doenças para a população. Recomendam-se obras de maior porte no leito do rio Muriaé, como a dragagem em trechos do leito do rio previamente determinados por estudos de impactos ambientais, bem como a construção de macrodrenagem urbana, de diques de gabião e, ainda, diques de aterro. Conforme a Defesa Civil de ambos os municípios, tais obras já foram aprovadas, e os recursos são do Governo do Estado do Rio de Janeiro, que atingem a cifra de R$ 602 milhões de reais, com prazo de conclusão em 02 anos. Nenhuma das duas prefeituras teve acesso ao EIA-RIMA, e o órgão que deveria disponibilizá-lo para o público, o INEA, ainda não o fez através do seu site.

Como medidas não estruturais, sugere-se que ações preventivas de monitoramento do nível de água do Rio Muriaé e as previsões de precipitação extrema sejam amplamente divulgadas nas áreas sujeitas a inundações, para que a população a ser atingida possa ser deslocada das áreas de risco, que evitando-se, assim, novas catástrofes. Também se sugere ações de Educação Ambiental não-formal, principalmente ligadas à destinação dos resíduos sólidos e efluentes que podem agravar os efeitos das inundações, como o acúmulo de lixo, ou mesmo a transmissão de moléstias difundidas pela contaminação da água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ambos os sensores possibilitaram distinguir com exatidão as diferentes classes de uso e ocupação das terras nas escalas propostas. Para a área total dos municípios, o mapeamento foi na escala 1:50.000, e o sensor Deimos foi eficaz na identificação das classes de uso e ocupação das terras. Para as áreas sujeitas a inundações adotou-se a escala 1:20.000, pois a área urbana apresenta considerável dimensão, sendo assim necessário utilizar um sensor com maior resolução espacial, o RapidEye, que está disponível pelo Ministério do Meio Ambiente para estudos ambientais no Brasil.

Os documentos cartográficos são fundamentais para os órgãos públicos e Defesa Civil na prevenção e mitigação dos efeitos decorrentes das inundações, tanto nas áreas urbanas como rurais das áreas em estudo.

O mapeamento de uso e ocupação das terras, combinado aos dados oficiais pesquisados, comprovam que as inundações em ambos os municípios causam danos, principalmente na área urbana, onde a maior parte da população está concentrada. Mesmo não apresentando um grande contingente populacional, os problemas de infraestrutura, principalmente vinculados ao saneamento básico (rede de esgoto, abastecimento de água e lixo), agravam os efeitos das inundações, pois o acúmulo de lixo, mau cheiro e difusão de doenças ligadas à água contaminada são fatores agravantes identificados nas áreas dos dois municípios.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento obtido no Edital de Apoio do Desenvolvimento Científico e Tecnológico Regional no Estado do RJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agencia Nacional das Águas. **Hidroweb:** Sistemas de Informações Hidrológicas – Séries Históricas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2015.

AMORIM, R.R. **Mapeamento geomorfológico da Região Norte Fluminense na escala 1:50.000.** Rio de Janeiro: Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro. 2014. (Relatório de Pesquisa).

BASTOS, J.; NAPOLEÃO, P. (Orgs.) **O estado do ambiente:** indicadores ambientais do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SEA; INEA, 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1024358/politica-nacional-de-residuos-solidos-lei-12305-10#art-54>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2015.

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos. **Informativo.** Disponível em: <http://www.cedae.com.br>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2015.

COSTA, H. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma Abordagem Geral.** Rio de Janeiro: SEMADS 2001.

CPRM - Companhia Brasileira de Recursos Minerais. **Projeto Rio de Janeiro**. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2000. v. 1-8.

DIAS-FILHO, M.B. Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário. In: XXII SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM. Teoria e prática da produção animal em pastagens. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005, p.71-93.

DUARTE, A. P. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de minas gerais em relação ao potencial de risco.** 2008. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Belo Horizonte, MG: UFMG.

ENGESAT. **Soluções em imagens de satélites.** Disponível em <http://www.engesat.com.br/satelite/>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2015.

GONZALES, R.C.; WINTS, P. **Processamento digital de imagens.** São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.** Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em 05 de fevereiro de 2015.

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico – 2008.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2015.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Sistema de alerta de cheias**. Disponível em: <http://inea.infoper.net/inea/>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2015.

MAGALHÃES, G.B. *et al*. A ocorrência de chuvas e a incidência de leptospirose em Fortaleza-CE. **Hygeia,** v. 5, n. 9, p.77-89, 2009.

MERZ, B. *et al*. Flood Risk Mapping at the local scale: Concepts and Challenges. In: BEGUM, S. *et al* (eds). **Flood risk management in Europe:** innovation in policy and practice. Dordrecht: Springer, 2007. p. 231-252.

MONTEIRO, V.S. *et al.* Qualidade da água após impacto do rompimento da barragem São Francisco. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, **Anais**... 2014, Belo Horizonte. V CONGEA, 2014.

NEVES, M.G.F.P.; TUCCI, C.E.M. Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e controle de resíduos sólidos. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, **Anais...** 2003.

PRADO, R.B. *et al.* **Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do Rio Muriaé.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2005.

RODRIGUEZ, J.M.M. *et al.* **Geoecologia da paisagem**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: EDUFC, 2002.

SANTOS, A.R. *et al*. **Spring 5.1.2:** passo a passo: aplicações práticas. Alegre-ES: CAUFES, 2010.

S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. **Banco de dados e registro de desastres**. Disponível em: <http://s2id.mi.gov.br>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2015.

TUNDISI, J.G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, v. 70, p. 24-35, 2006.

VIANA, L.P.S. *et al*. Sistema de Alerta de Cheias do Estado do Rio de Janeiro: Situação Atual e Perspectivas. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...** Maceió, 2011.