



**MAPEAMENTO DOS GEOSISTEMAS E DOS SISTEMAS ANTRÓPICOS
COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DE ÁREAS COM RISCOS A INUNDAÇÕES NO
BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ (RIO DE JANEIRO - BRASIL)***

**GEOSYSTEMS AND ANTHROPOGENIC SYSTEMS' MAPPING
AS A SUBSIDY TO THE STUDY OF AREAS PRONE TO FLOODING AND OVERFLOW
IN THE LOWER COURSE OF THE MURIAÉ RIVER BASIN (RIO DE JANEIRO, BRAZIL)**

Raul Reis Amorim

Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
raul_reis@ige.unicamp.br

Claudio Henrique Reis

Departamento de Geografia de Campos, Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional
Universidade Federal Fluminense (UFF)
claudioreis@id.uff.br

Carmen Ferreira

Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, CEGOT
dra.carmenferreira@gmail.com

RESUMO

Os elementos presentes na paisagem natural e antrópica podem ser indicativos de áreas sujeitas a inundações no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé (RJ). Elaboramos o mapeamento temático que tornou possível identificar elementos naturais e sociais que evidenciam o risco à inundação e alagamentos, bem como suas amplitudes e intensidades.

Palavras-chave: Riscos, inundações, geossistemas, paisagem.

ABSTRACT

The elements in the natural and anthropogenic landscapes may be indicators of areas prone to flooding and overflow of the Muriaé river basin (RJ - Brazil). It was conducted the thematic mapping in order to identify natural and social elements that show the risk to flooding and overflows, as well as its amplitude and intensity.

Keywords: Risk, flooding, geosystems, landscape.

RESUMEN

Mapeo de los geosistemas y de los sistemas antrópicos como contribución al estudio de áreas con riesgos de inundaciones en el curso inferior de la cuenca del río Muriaé (Rio de Janeiro, Brasil) - Los elementos en el paisaje natural y antrópica pueden indicarnos que áreas están más sujetas a inundaciones y sumersiones en el curso inferior de la Cuenca del Río Muriaé (RJ). Desarrollamos el mapeo temático que ha permitido identificar los elementos naturales y sociales que demuestran el riesgo para inundaciones y sumersiones en toda su amplitud y intensidad.

Palabras clave: Riesgos, inundaciones, geosistemas, paisaje.

RESUMÉ

Cartographie des géosystems et systèmes anthropiques pour l'étude des zones à risques d'inondation dans le cours inférieur du bassin de la rivière Muriaé (Rio de Janeiro - Brésil) - Les éléments présents dans le paysage naturel et anthropique peuvent être le signe de zones sujettes aux inondations et débordement dans le cours inférieur du bassin de la rivière Muriaé (RJ). La cartographie thématique a permis d'identifier des éléments naturels et sociaux qui démontrent le risque d'inondations et des débordement ainsi que leurs amplitudes et intensités.

Mots-clé: Risques, inondations, geosystems, paysage.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no II Congresso Internacional, I Simpósio Ibero-Americano e VIII Encontro Nacional de Riscos, tendo sido submetido em 06-12-2015, sujeito a revisão por pares a 09-01-2016 e aceite para publicação em 14-06-2016.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 24, 2017, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Inundação, segundo C. Carvalho, E. Macedo e A. Ogura (2007), é definida pelo extravasamento das bordas do curso d'água para as áreas marginais ou planícies de inundação. É um evento natural, assim como as enchentes, e respeita determinada periodicidade nos cursos d'água (R. Amaral e R. Ribeiro, 2009). As inundações têm como causa a precipitação anormal de água que, ao transbordar dos leitos dos rios, lagos, canais e áreas represadas, invade os terrenos adjacentes, provocando danos (A. Castro, 2003).

A. Christofolletti (1980) atesta também essa periodicidade ao afirmar que *“a planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta de sedimentos aluviais bordejando o curso de água e periodicamente inundada pelas águas do transbordamento provenientes do rio”* (p. 76).

Os condicionantes dos processos de inundação são listados por R. Amaral e R. Ribeiro (2009), são eles: formas de relevo; característica da drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e o teor de umidade; presença ou ausência da cobertura vegetal. Além de condicionantes naturais, a intervenção antrópica no meio também pode potencializar e/ou acelerar os processos de inundação, como a impermeabilização do solo, a retificação, desvios e canalização de cursos d'água e a construção de barragens para diferentes fins como o acúmulo de rejeito de mineração, reservatório de água para abastecimento e produção de energia.

As inundações podem ocorrer em duas situações: inundações urbanas e inundações em áreas ribeirinhas. As inundações urbanas constituem um dos importantes impactos sobre a sociedade. Esses são consequência do processo de impermeabilização das áreas de recarga, que modificam os fluxos de água, amplificando o escoamento superficial e acelerando o transbordamento dos canais. (C. Tucci, 2008).

C. Tucci, R. Porto e M. Barros, M. (1995) afirmam que como consequência do crescimento das cidades, tem-se a impermeabilização do solo decorrente da pavimentação de ruas, calçadas e pátios, além da instalação de diferentes edificações. A água que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retida pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar diretamente para os cursos d'água, exigindo maior capacidade de escoamento das seções.

C. Tucci (2008) ainda afirma que o comportamento da água busca ocupar a área como se a mesma ainda não tivesse a intervenção antrópica, ou seja, o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média com tempo de retorno superior a dois anos. Como este leito maior nas cidades está

ocupado por edificações, ruas pavimentadas e outros tipos de ocupação, as cheias atingem de forma direta a população, e muitas vezes de forma mais rápida e intensa que uma área com baixo grau de antropização. As inundações são recorrentes em áreas com altos volumes de pluviosidade.

Os fenômenos relacionados ao excesso de chuvas e deficiências na drenagem necessitam de estudos que visem minimizar os impactos associados a tais fenômenos. Em muitos casos, os estudos não são preventivos e a ação do poder público só atua após o fenômeno ter ocorrido e afetado a população. Um fenômeno que pode amplificar a ação das inundações está ligado a ocorrência das enxurradas que são definidas como: escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. É comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico e em terrenos com alta declividade natural (L. Tominaga *et al.*, 2009, p. 42).

A correlação entre os condicionais naturais e a intervenção antrópica coloca o Brasil entre os países do mundo em que as inundações são recorrentes, e atingem diferentes segmentos da sociedade. Desta forma, é imprescindível que o estudo das inundações ocorra a partir de uma abordagem geográfica, e o conceito-chave para tal é o de paisagem.

O estudo da paisagem apresenta diferentes concepções, a depender do foco de análise. Krauklis *et al.* (1975) afirmam que um dos conceitos-chaves para o estudo da paisagem é o de Geossistema. Este conceito foi difundido em língua portuguesa a partir da tradução de dois trabalhos: o francês G. Bertrand (1971) e o russo-soviético V. Sochava (1977) e que foi originalmente escrito no início da década de 1960. Conforme L. Cavalcanti (2013 p. 82) *“existe uma diferença fundamental na concepção de Geossistemas entre Bertrand e Sochava, ou seja, mesmo ambos utilizando a mesma epígrafe, apresentam concepções distintas da palavra”*.

De acordo com L. Cavalcanti (2013, p. 57) *“Ecossistemas, geossistemas, regiões naturais, ecorregiões, paisagens, biomas, complexos biogeocénicos, complexos territoriais naturais e tantos outros termos tentam representar, nas acepções de distintos autores, a ideia de que existe uma ordem natural promovendo a organização da superfície terrestre a partir das relações entre seus elementos constituintes internos (rochas, solos, seres vivos, água, etc.) e alguns externos (sol, movimentos orbitais, atividade interna do planeta)”*

Sochava *et al.* (1975b) apontam que a terminologia e a definição dos conceitos relativos ao estudo da paisagem sofrem uma ambiguidade. Isto pode ser explicado pelo facto da ciência da paisagem ter evoluído de forma

independente em vários países, com o foco em aspectos diferentes e nem sempre com a mesma posição. Os autores ainda destacam que nos estudos referentes à paisagem, a abordagem integrada para estudos das subdivisões espaciais do ambiente foi sendo afirmada, e vêm à tona os interesses prevalentes do investigador, se geomorfólogos ou ecólogos.

Os termos e conceitos relacionados com a ciência da paisagem e aqueles associados aos geossistemas e ecossistemas estão todos inter-relacionados e devem constituir um todo lógico. Eles pertencem a uma única família de termos e estão projetados para estabelecer interligações, as regularidades da integração e a diferenciação de causalidades relacionadas aos fenômenos naturais (Sochava *et al.*, 1975b).

Para V. Sochava (1975a) o geossistema é um sistema aberto representado por uma hierarquia dos sistemas naturais que se estrutura como um todo lógico racional.

V. Sochava (1971) afirma que a partir dos anos de 1950 a geografia e a ecologia ficam mais próximas. Tal proximidade fez com que os estudos realizados por geógrafos sofressem mudanças, pois até então, estavam interessados principalmente no estudo de grandes regiões. Os estudos de áreas muito pequenas não foram considerados como competência da geografia. A atenção dos ecologistas, por outro lado, estava focada precisamente sobre biocenoses específicas e geossistemas elementares. Problemas ecológicos de uma escala regional mais ampla eram geralmente deixados para a biogeografia. A pesquisa geográfica integrada na perspectiva dos geossistemas tem sido centrada cada vez mais na pequena unidade de paisagem denominada como fácies físico-geográficas, enquanto a ecologia passou a dar mais atenção aos problemas do ecossistema planetário, bem como biomas e biócoros numa escala mais ampla.

Vale destacar que cada Geossistema se situa num ponto do espaço terrestre (V. Sochava, 1977). O autor observa que estes devem ser analisados como pertencentes a um determinado lugar sobre a superfície da Terra. Para V. Sochava (1978) existem diferentes unidades sistêmicas da estrutura da paisagem, e este pesquisador denomina o menor componente dessa estruturação como fácies ou geômero elementar, ou seja, uma unidade que apresenta atributos corológicos, morfológicos e funcionais próprios, como a ocorrência de trocas de matéria e energia.

A natureza passa a ser compreendida não apenas pelos seus componentes, mas principalmente pelas conexões entre eles, não apenas se restringindo à morfologia da paisagem e às suas subdivisões, mas priorizando a análise de sua dinâmica, sua estrutura funcional e suas conexões (V. Sochava, 1978).

Sabe-se que os geossistemas sofrem alterações na sua dinâmica no tempo e espaço, conforme afirmação de V.

Sochava (1977, p. 10): “A transição de geossistema, de um estágio temporal para outro, significa evolução [...]. Numerosas manifestações da mobilidade de geossistemas, dentro dos limites do estágio de uma era (um estágio de evolução) constituem a essência de sua dinâmica. Esses movimentos, em muitos casos, são contrários, ou quase; em seu conjunto representam um importante fator da evolução dos geossistemas. No processo da dinâmica, os componentes naturais independentes revelam diferentes graus e índices de mutabilidade”.

Num sistema de hierarquia, os geossistemas interacionam-se com os sistemas antrópicos para formar, numa ordem superior, as Unidades de Paisagem (Guerra e Marçal, 2006 e Amorim, 2012). Desta forma, deve considerar-se que os geossistemas normalmente têm como referência, na sua estruturação dinâmica e organização, o tempo geológico (tempo da natureza), mas na atualidade, frente à intensiva e quase que instantânea ação antrópica sobre os Sistemas antrópicos, os geossistemas se reestruturam segundo a velocidade das transformações das Unidades de Paisagem. A alteração na estrutura, dinâmica, funcionalidade e organização dos geossistemas está diretamente influenciada por mudanças nos fluxos externos de energia que geram, como resultado, transformações de causas endógenas que aparecem em diferentes níveis de diferenciação do ambiente natural, no processo das manifestações dinâmicas do próprio geossistema. Um exemplo destas alterações pode ser observado quando, em decorrência da ação antrópica, os fluxos de matéria e energia que se integrariam ao geossistema, são alterados, podendo amplificar as áreas sujeitas a inundações, onde a intensidade e velocidade da vazão e aporte no transporte de sedimentos de uma bacia hidrográfica foram alterados pelas transformações decorrentes do uso e ocupação das terras, que substituíram a cobertura vegetal natural por usos antrópicos como as pastagens, áreas agrícolas, extrativismo mineral e mesmo a ocupação urbana (Amorim, 2012).

Para R. Amorim (2012), os geossistemas, ao longo do tempo da natureza buscam atingir seu equilíbrio dinâmico, ou seja, reestruturam-se todas as vezes em que ocorrem mudanças em um de seus componentes, ou alteração nos fluxos de matéria e energia decorrentes de mudanças climáticas, alterações na dinâmica de estruturação e esculturação do relevo, evolução/modificação de biomas, etc.

Este trabalho adota o conceito de geossistema proposto por V. Sochava (1977) que é definido como “*formações naturais*” que obedecem à dinâmica dos fluxos de matéria e energia, inerentes aos sistemas abertos que, em decorrência da ação antrópica, podem sofrer alterações na sua funcionalidade, estrutura e organização, pois a interferência antrópica pode alterar a entrada de

matéria e energia, interferir no armazenamento e/ou na saída de matéria, modificando assim a entropia do sistema. Reitera-se que o estudo das formações naturais apresentou em trabalhos académicos denominações distintas como geossistemas, geocomplexos, paisagens e complexos territoriais naturais (L. Cavalcanti, 2013).

A Comissão Permanente sobre Mapas da Paisagem da “Sociedade Geográfica da União Soviética” no relatório elaborado por Vinogradov *et al.* (1962), afirma que o tipo básico de mapa da paisagem é um mapa único, que apresente um propósito sintético geral, mostrando complexos geográficos de um dado conjunto (dependendo da escala). Os autores ainda destacam que Mapa de Paisagens, devem oferecer a base para o mapa da paisagem aplicado cujo conteúdo pode ser especializado para propósitos específicos, principalmente pela adição de índices analíticos (áreas sujeitas a inundações, encostas superficiais, composição mecânica dos solos, profundidade do lençol freático etc.).

V. Sochava (1975a) utiliza um termo diferente para tratar do mesmo tipo de mapeamento: os mapas do ambiente. Para o autor, estes mapas retratam elementos constituintes ou determinantes do ambiente em forma sistematizada como um todo lógico e, ultimamente, como uma hierarquia de sistemas. V. Sochava (1971) ainda destaca que a abordagem sistémica desempenha um papel significativo na cartografia temática, e isso estaria começando na década de 1970 a ser reconhecido por alguns cartógrafos. Neste contexto, ele destacou que havia necessidade de uma evolução da cartografia aplicando os princípios da teoria sistémica, na construção de mapas com propósitos especiais. Como exemplo, o autor destacou que na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (ex-URSS) tal mapeamento já estava em execução desde a década de 1960. Para V. Sochava (1975a) o mapeamento ambiental passou a ser baseado nas proposições fundamentais da Teoria dos Geossistemas, a teoria da produção territorial e a teoria dos sistemas espaciais da população (Sochava, 1975a).

Conforme Vinogradov *et al.* (1962), distingue-se quatro grupos de Mapas de Unidades da Paisagem dependendo da escala e, consequentemente, da categoria da unidade de área mapeada:

- (1) Mapas detalhados, de grande escala de escala de 1:10.000 ou maior, mostrando predominantemente fácies (evidenciando todas as categorias classificatórias das fácies, tais como espécies, classes e tipos); o mesmo aplica-se a objetos mapeados em outras escalas, tais como tratos (mestnost) etc.;
- (2) Mapas generalizados de grande escala, ou mapas de tratos, de até 1:100.000 inclusive;
- (3) Mapas de média escala, a 1:1.000.000 inclusive, em que os objetos mapeados são localidades (mestnost), associações ou complexos de tratos (urochishche) e;

- (4) Mapas de pequena escala, menores que 1:1.000.000, mostrando principalmente paisagens.

Os autores destacam que deve ser dada maior prioridade para mapas de média escala para a compilação de mapas da paisagem de Estados e países, frequentemente de 1:300.000 a 1:600.000. Considerando as dimensões continentais do território brasileiro (tão grande quanto a ex-URSS), um mapa de unidades de paisagem singular para amplo uso científico e prático do território brasileiro, a escala sugerida pelos autores é a de 1:1.000.000, assim como o sugerido para a ex-URSS. Para os autores, a escala de mapeamento mais adequada para mapas de média escala é 1:300.000.

Pelo exposto, este trabalho apresenta três objetivos: o primeiro pretende discutir teoricamente os conceitos de geossistemas e sistemas antrópicos e sua inter-relação com o uso dos recursos hídricos, em especial as inundações; o segundo corresponde à elaboração dos mapas de geossistemas e de sistemas antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé (RJ), a partir da aplicação das técnicas de Processamento Digital de Imagens e do uso do Sistema de Informação Geográfica, indicando os mais susceptíveis a inundações; e, finalmente o terceiro, apresentar as amplitudes e intensidades dos episódios de inundações da última década e as suas evidências ainda presentes na paisagem.

A delimitação e mapeamento dos geossistemas e dos sistemas antrópicos é fundamental, primeiro, porque é importante verificar a eficácia dessa metodologia para a construção de modelos que darão suporte a estudos ambientais, principalmente das áreas sujeitas às inundações; e segundo, porque se acredita que a escala de análise adotada irá apresentar as transformações decorrentes da dinâmica dos componentes dos sistemas naturais, decorrentes das alterações no uso e ocupação das terras (sistemas antrópicos), considerando, assim, os níveis de fragilidade ambiental para área de estudo.

Material e Métodos

Área de estudo

O baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé é uma sub-bacia que integra a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. O Rio Muriaé lança as suas águas no Rio Paraíba do Sul no município de Campos dos Goytacazes (Prado *et al.*, 2005). A Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé é dividida em três compartimentos: Alto curso (situado no Estado de Minas Gerais), médio curso (municípios da Região Noroeste Fluminense) e o baixo curso, que se situa no Estado do Rio de Janeiro e abrange seis municípios: três situados na Região Norte Fluminense (Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira e São Fidélis) e três situados na Região Noroeste Fluminense (Cambuci, Italva e Itaperuna), conforme a fig. 1.

O baixo curso da Bacia do Rio Muriaé apresenta cerca de 1.500 km² de área, sendo que 520,28 km² situadas na Região Noroeste Fluminense (35% da área de estudo) e 979,72 km² (65% da área de estudo) pertencentes à Região Norte Fluminense. Dois (02) centros regionais apresentam parte de seu território na área de estudo: Campos dos Goytacazes e Itaperuna. O primeiro apresenta cerca de 11% seu território no baixo curso do Rio Muriaé, enquanto Itaperuna tem apenas aproximadamente 2%. Os demais municípios (Cambuci, Cardoso Moreira, Italva e São Fidélis) são pequenos núcleos populacionais e predominam as atividades ligadas à pecuária para o dinamismo da sua economia.

Fundamentos teórico-metodológicos:
Geossistemas x Sistemas Antrópicos = Unidades de Paisagem

Rodriguez *et al.* (2004, p. 18) afirmam que paisagem “é definida como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antropogênicas” e que possui, além de uma estrutura (forma e arranjo espacial), um conteúdo dinâmico e evolutivo.

L. Cavalcanti (2014) apresenta uma discussão no que tange aos conceitos de paisagem natural e paisagem cultural. O autor faz a crítica à abordagem clássica proposta ainda por alguns autores que dissociam tais conceitos. Na abordagem clássica sobre paisagem, define-se como paisagem natural aquela em que a atividade humana é incipiente

ou mesmo inexistente, estando o seu funcionamento associado apenas à dinâmica natural, ecológica, enquanto, por sua vez, a paisagem cultural é aquela altamente transformada pelo homem, sendo dominante a presença de elementos culturais.

Contudo, é importante destacar que por mais que não apareça de forma explícita os elementos culturais, nenhuma paisagem é totalmente natural. Para L. Cavalcanti (2014) toda a superfície da Terra já se encontra apropriada pelo homem em termos físicos, políticos ou culturais. Um exemplo claro apontado pelo autor é a criação de Unidades de Conservação (UC), que apresentam como objetivo geral, proteger e/ou conservar o patrimônio natural.

Não existe um consenso nos parâmetros que devem ser considerados para a delimitação das unidades de paisagem. Para A. Christofolletti (2001) e J. Ross (2003), as unidades de paisagem representam, na verdade, os geossistemas, enquanto que para A. Guerra & M. Marçal (2006) e R. Amorim (2012), as unidades da paisagem são resultado das interações entre os sistemas naturais e sistemas antrópicos. Cabe ressaltar que R. Amorim (2012) denomina as unidades de paisagem, neste trabalho, como Sistemas Ambientais.

A. Christofolletti (2001) afirma que a análise das unidades da paisagem pode fazer-se a partir do estudo do relevo,

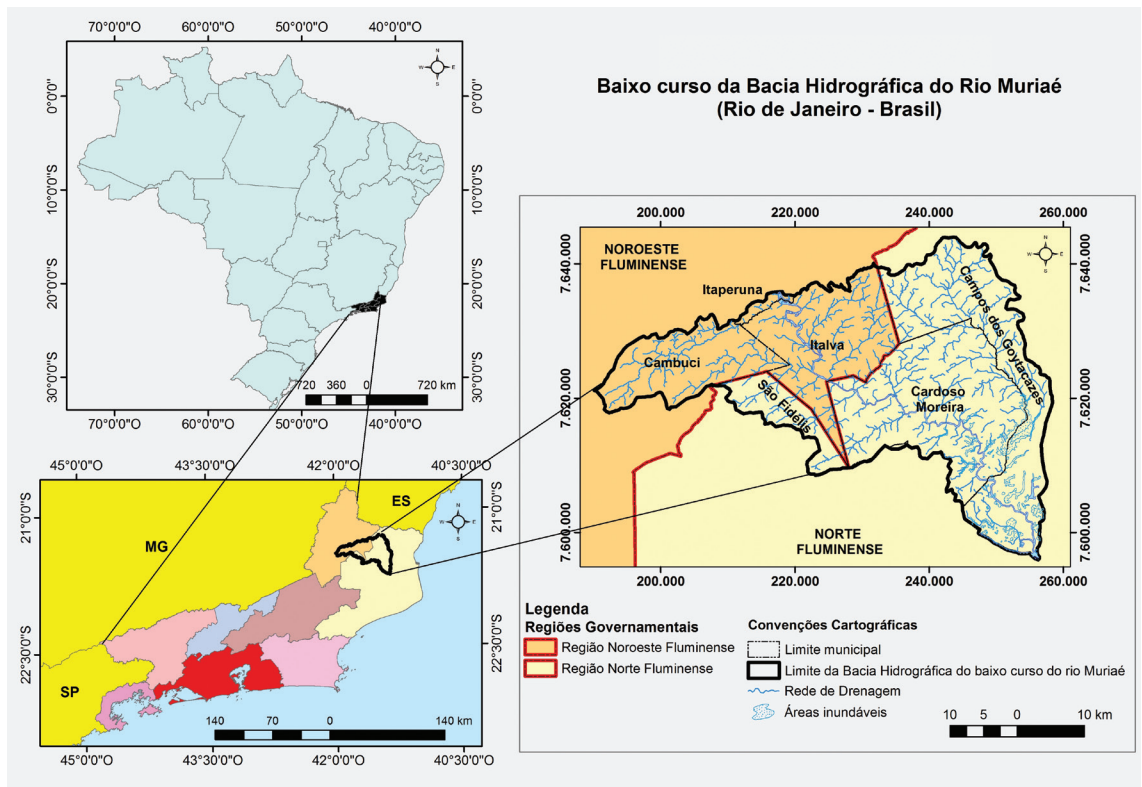


Fig. 1 - Localização da área de estudo.

Fig. 1 - Localization of the study area.

pois este componente natural surge como elemento onde se integra o clima, vegetação, águas e solos, no contexto dos geossistemas, o objeto de estudo da Geografia Física. Nessa nova posição hierárquica, as características dos geossistemas são expressas como resultantes da dinâmica interativa dos processos físicos e biológicos, recebendo *inputs* e incorporando produtos provenientes da ação antrópica. O geossistema compõe o embasamento paisagístico, o quadro referencial para serem inseridos os programas de desenvolvimento, nas escalas locais, regionais e nacionais.

J. Ross (2005) afirma que *“as unidades de paisagens se diferenciam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e do tipo de litologia ou por apenas um desses componentes”* (J. Ross, 2005, p. 11). O autor ainda destaca que:

“No entanto, como na natureza esses componentes são interdependentes, quando há variações na litologia, por exemplo, certamente observam-se diferenças na forma do relevo, na tipologia dos solos e até mesmo na composição florística da cobertura vegetal. Esta última interfere no clima ou pelo menos no microclima, na diferenciação e distribuição da fauna e micro-organismos, e assim sucessivamente para os demais componentes.

O entendimento do relevo passa, portanto pela compreensão de uma coisa maior que é a paisagem como um todo. Não se pode entender a gênese e a dinâmica das formas de relevo sem que se entenda os mecanismos motores de sua geração, sem que se perceba as diferentes interferências dos demais componentes em uma determinada Unidade de Paisagem. Existe relação estreita entre tipos de formas do relevo com os solos e estes com a litologia e o tipo climático atuante. No entanto, isto é apenas parte do complexo quebra-cabeças que constitui os ambientes naturais existentes na superfície do globo” (J. Ross, 2005, p. 12).

Para A. Guerra & M. Marçal (2006), as unidades de paisagem devem ser vistas como resultado da interação dos sistemas naturais e dos sistemas antrópicos, sendo importante seu conhecimento, no sentido de serem desenvolvidas pesquisas aplicadas que possam levar a metodologias que colaborem com o manejo adequado e sustentável dos recursos naturais, relevantes para as sociedades como um todo. Os estudos sobre as unidades de paisagem também ganham importância, na medida em que o conhecimento sobre a natureza vem sendo compreendido como a resultante das interações de diversos fatores sociais, económicos e ambientais que interagem de forma dinâmica, aleatória e em diferentes escalas (espaciais e temporais), e conduzem a

metodologias que apontem para um melhor conhecimento das interações e processos que ocorram na natureza, ajudando de forma mais eficiente a sustentabilidade e/ou preservação das paisagens.

A possibilidade do dimensionamento, identificação e delimitação das unidades de paisagem, resultado não só dos processos naturais mas também de intervenções da sociedade, pode constituir-se em uma importante e eficiente metodologia aplicada aos estudos do planeamento ambiental. Sua utilização permite a aplicação de métodos e técnicas, necessários à análise da natureza, propiciando sua classificação, diagnóstico e prognóstico, importantes aos trabalhos de preservação ambiental (A. Guerra e M. Marçal, 2006).

J. Ross (2003), afirma que a princípio, com exceção de algumas áreas do planeta, os sistemas naturais apresentam-se ou apresentavam-se em estado de equilíbrio dinâmico, até que as sociedades humanas passaram, progressivamente, a intervir cada vez mais intensamente na apropriação dos recursos naturais. A tecnificação, sofisticação e o crescimento dos padrões socioculturais, juntamente com o crescimento populacional, cada vez mais interferem no ambiente natural à procura dos recursos naturais (J. Ross, 2003, p. 291-292).

Ao longo do tempo, a dinâmica dos geossistemas tem sofrido alterações nos fluxos de matéria e energia decorrentes da expansão das áreas urbanas, da implantação de sistemas de engenharias, da ampliação e intensificação das atividades agrícolas e pastoris, e do avanço nas atividades de extrativismo mineral, entre outras. Paradoxalmente, as diferentes sociedades vêm alcançando estágios de desenvolvimento, eficiência e domínio tecnológico que, na maioria das vezes, não vêm acompanhados do processo de organização e planeamento, necessários para a sustentabilidade da natureza. Reflexo disso é a crescente preocupação da comunidade científica, de órgãos governamentais e de organizações não-governamentais com os impactos decorrentes do uso e ocupação das terras de forma desordenados, que se vem acentuando sobremaneira, servindo para ressaltar a importância do planeamento ambiental, despertando cada vez mais a necessidade do conhecimento do meio físico nos diagnósticos socioambientais (A. Guerra e M. Marçal, 2006).

R. Amorim (2012) afirma que as unidades de paisagem refletem a apropriação dos recursos naturais pelas diferentes sociedades, considerando seus diferentes níveis técnicos.

Destaca-se, entretanto, que a sociedade de uma área não necessariamente se beneficia dos recursos de seu sítio, em termos de apropriação da técnica e da riqueza. Dessa forma, as relações não se estabelecem de forma linear

(população-recurso), uma vez que não se restringem aos limites escalares da unidade da paisagem. Por exemplo, no caso do Brasil, os regimes de exploração dos recursos naturais tornou “o país historicamente articulado ao sistema colonial do capitalismo mercantil e determinado pelo modo de produção capitalista a ser uma “*colônia de exploração*” (M. Chauí, 2000, p. 33). Neste sentido, se pensarmos numa perspectiva contemporânea de beneficiamento e desenvolvimento da técnica, os recursos naturais que estão disponíveis no território brasileiro integram o mercado global de *commodities*, e não necessariamente são extraídos e/ou beneficiados economicamente por agentes sociais atuantes na escala geográfica das unidades da paisagem (local).

Para R. Amorim (2012), a sociedade, ao obter proveito econômico dos sistemas naturais, constrói uma relação custo-benefício. O autor destaca que, neste sentido, devem analisar-se os seguintes aspectos:

- O acesso aos benefícios está diretamente relacionado ao grau de desenvolvimento das forças produtivas, dando destaque à diversidade dos sistemas técnicos. O acesso à tecnologia implica reservas de capital, e ele, por si só, é uma clara manifestação da desigualdade na ocupação e apropriação dos sistemas naturais;
- A divisão dos benefícios é própria da configuração social prevalecente e das características dos agentes e atores socioeconômicos em jogo. Ela é própria do caráter específico da apropriação dos recursos para um modo de produção e estilo de desenvolvimento imperante. A inclusão ou não dos custos sociais e ambientais no processo de apropriação dos benefícios está na dependência da racionalidade imperante ao extrair proveito econômico da natureza. Uma racionalidade economicista abrange, por um lado, a racionalidade social (divisão de benefício) e, por outro lado, a ambiental (não internaliza os custos). Uma racionalidade ambiental deverá, pelo contrário, procurar um equilíbrio no crescimento econômico com o funcionamento dos sistemas naturais e garantir a divisão social dos benefícios.

O Sistema Antrópico é capaz de influenciar a dinâmica, estrutura e funcionamento dos Geossistemas, impondo-lhes ritmos diferentes e acelerando processos, com conseqüente alteração de suas escalas de tempo de ocorrência (A. Perez Filho, 2007). Isto explica como o caráter da ocupação e apropriação da natureza e a racionalidade imperante determinam:

- O tipo e modo de utilização do espaço e as unidades de paisagem;
- O modo de utilização dos recursos naturais; as formas de modificação e transformação das unidades de paisagem;

- A diferenciação nas condições da qualidade de vida e na qualidade ambiental dos diversos grupos humanos.

J. Rodriguez (1997) afirma que os sistemas antrópicos são vistos como uma superestrutura ideológica, onde as relações jurídico-políticas e as ideológico-culturais se subdividem em relações econômico-sociais (forças produtivas e relação de produção). As forças produtivas estão diretamente vinculadas às relações homem-natureza, que coexistem mediante a incorporação de conceitos temporais e espaciais; e as relações de produção, originando as interações homem-homem, na procura da manutenção da produção através do tempo. A análise das relações Sociedade-Natureza que está representada é concebida como uma aproximação da análise de sistemas complexos, que inclui um estudo evolutivo das ditas relações (Rodriguez *et al.* 2004).

Os Sistemas antrópicos, no contexto atual de antropização das paisagens, principalmente vinculado aos setores produtivos (cidade/campo) possibilitam caracterizar as unidades de paisagem como sistemas controlados, segundo a definição proposta por R. Chorley & B. Kennedy (1971). Essas unidades de paisagem podem ser classificadas, segundo V. Sochava (1977), em dois tipos: unidades de paisagem com controlo espódico e unidades de paisagem com controlo constante. O primeiro confirma que o geossistema integrante da unidade de paisagem sofreu apenas uma interferência na sua dinâmica, estrutura ou organização, levando o geossistema a um novo rearranjo; enquanto no segundo, o geossistema, é um subsistema integrante da unidade de paisagem, desta forma, a ação humana atua de forma contínua nos fluxos de matéria e energia, interferindo nos processos de *input*, armazenamento e *output* do sistema.

Araujo *et al.* (2005) apresentam algumas alterações no âmbito das unidades de paisagem que podem interferir nos processos de input e output do sistema. Dentre elas os autores destacam:

- A pressão exercida dos animais sobre a cobertura vegetal pode ser um problema muito importante onde as terras, por conta do processo de compactação dos solos que alteram a percolação de água e comprometem a humidade dos solos e a retroalimentação dos recursos hídricos subterrâneos;
- As mudanças nos sistemas climáticos que, decorrentes de eventos extremos e/ou mudanças nos padrões de precipitação e humidade, podem modificar a dinâmica de evolução dos sistemas;
- A degradação do solo, seja por processos erosivos e/ou por esgotamento de sua fertilidade, é considerada muito mais séria, no sentido de que não é facilmente reversível, uma vez que processos de formação e regeneração dos solos são muito lentos.

Além das alterações das unidades da paisagem no meio rural, é importante destacar as implicações do processo de urbanização. Araujo *et al.* (2005) afirmam que ao longo do processo de urbanização se ampliam as superfícies impermeáveis, resultando no aumento do volume de escoamento superficial e da carga de poluentes. Embora a urbanização possa melhorar o uso do solo para uma grande variedade de condições ambientais (USEPA, 1977), ela geralmente resulta em alterações nas características físicas, químicas e biológicas da bacia hidrográfica. A cobertura vegetal é substituída por sistemas de engenharia diversos. Por exemplo, depressões naturais que originalmente eram reservatórios temporários de água são niveladas, aumentando o volume do escoamento superficial durante as chuvas (H. Schuler, 1987). Conforme a densidade populacional aumenta, há também um aumento correspondente nas cargas de poluentes geradas pelas atividades humanas via escoamento superficial, sem

serem submetidos a nenhum tipo de tratamento (Araujo *et al.* 2005). Os autores apontam na TABELA I os estágios do desenvolvimento e seus diversos impactos hidrológicos.

A. Christofolletti (2001) faz considerações referentes à urbanização e ao meio ambiente. Para o autor é importante analisar os impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização, considerando as transformações provocadas nos ecossistemas e geossistemas, diretamente, pela construção de áreas urbanizadas, e indiretamente, pela sua ação de influência e relações. Por conta das alterações dos fluxos de matéria e energia nos sistemas naturais e antrópicos, as áreas urbanas estão sujeitas aos riscos naturais, como as inundações, por exemplo.

Pelo exposto, a delimitação de unidades de paisagem é uma ferramenta no planejamento ambiental e, desta forma, não deve ser realizado apenas sob o ponto de vista dos sistemas naturais. Na realidade, para que se

TABELA I - Estágios do desenvolvimento urbano e seus diversos impactos hidrológicos.

TABLE I - Stages of urban development and its various hydrological impacts.

| Estágio | Impacto |
|---|--|
| 1. Transição do estágio pré-urbano para o urbano inicial | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Remoção de árvores ou vegetação • Perfuração de poços • Construção de fossas sépticas etc. | <ul style="list-style-type: none"> • Redução na transpiração e aumento no fluxo de chuvas • Rebaixamento do lençol freático • Aumento na umidade do solo e possível contaminação; |
| 2. Transição do urbano inicial para o urbano médio | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Retirada total da vegetação • Construção maciça de casas • Uso descontínuo e abandono de alguns poços rasos • Desvio de rios próximos para o fornecimento público • Esgoto sanitário não tratado ou tratado inadequadamente em rios e poços | <ul style="list-style-type: none"> • Erosão acelerada do solo • Redução da infiltração • Elevação do lençolático • Redução no escoamento superficial (<i>runoff</i>) entre os pontos de desvio • Poluição de rios e poços |
| 3. Transição do urbano médio para completamente urbano | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Urbanização da área completada pela adição de mais prédios • Quantidades maiores de resíduos não tratados em cursos d'água locais • Abandono dos poços rasos remanescentes • Aumento da população necessitando do estabelecimento de novos sistemas de distribuição de água • Canais de rios restritos, pelo menos em parte, por canais e túneis artificiais • Construção do sistema de drenagem sanitária e estação de tratamento de esgoto • Melhoramento do sistema de drenagem pluvial • Perfuração de poços industriais mais profundos e com maior capacidade | <ul style="list-style-type: none"> • Redução na infiltração e rebaixamento do lençol freático; picos mais altos de alagamentos e fluxos d'água mais baixos • Aumento da poluição • Elevação do lençol freático • Aumento no fluxo dos cursos d'água locais se o suprimento é proveniente de uma bacia externa • Estágio mais alto para um dado fluxo d'água (portanto, um aumento dos danos por alagamento) • Retirada de mais água do local • Impacto positivo • Pressão d'água mais baixa, subsidência, salinização da água. |

entenda a dinâmica e evolução dos sistemas naturais e antrópicos é necessário que ambos sejam analisados para a elaboração de propostas de planejamento ambiental de forma global, integrada e holística.

As propostas de planejamento ambiental, conforme A. Christofolletti (2001) devem:

- Diagnosticar o estado atual do meio ambiente e das características das ações propostas, considerando mesmo possíveis ações alternativas;
- Prever sobre o estado futuro do meio ambiente, considerando a evolução do sistema sem a implementação das atividades e a evolução com a implementação das ações propostas. A diferença entre ambos os estados será resultante do impacto;
- Considerar os procedimentos para reduzir ou eliminar as consequências negativas do impacto antropogênico;
- Elaborar um relatório que analise todos esses pontos;
- Proceder à monitoria dos acontecimentos, caso haja autorização para que o projeto seja implantado.

S. Cunha & A. Guerra (2003) destacam que certos processos ambientais como a lixiviação, a erosão, os movimentos de massa e as cheias, ocorrem com ou sem a intervenção humana. Dessa forma, ao caracterizar-se os processos naturais, deve-se levar em conta os critérios sociais que relacionam o uso e a ocupação das terras ou, pelo menos, o potencial de diversos tipos de uso.

Procedimentos operacionais

Para atender aos objetivos propostos, a primeira etapa foi a realização de uma revisão bibliográfica sobre a Teoria Geral dos Sistemas e a Teoria dos Geossistemas proposta por Sochava e outras propostas metodológicas de delimitação de unidades de paisagem, para além de dados do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ.

Desse modo, para atender aos objetivos propostos por este trabalho, foi necessária a construção de um banco de dados cartográfico para a representação cartográfica das unidades de paisagem. Como o objetivo proposto para este trabalho foi a realização de uma análise integrada dos componentes físico-naturais da paisagem (geossistemas) representando os tratos e os sistemas antrópicos, a escala adotada foi a escala 1:50.000, atendendo ao proposto por Vinogradov *et al.* (1962). Definida a escala taxionômica de trabalho toda a base de dados foi processada no software Arc GIS 10.3.

Para delimitar os diferentes Geossistemas, inicialmente agregou-se aspectos ligados à morfoestrutura (correspondem ao primeiro táxon e referem-se às formas resultantes da estrutura do relevo), morfoescultura (adequam ao segundo táxon e dizem respeito às compar-

tações resultantes da ação climática sobre o tipo de estrutura do relevo) e formas de relevo predominantes (é constituído por conjuntos de formas menores do relevo que apresentam distinções de aparência entre si em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, sendo definidos pelo agrupamento das formas de deposição e formas de denudação, contidas nas Unidades Morfoesculturais) associadas aos dados morfométricos obtidos a partir de modelos digitais de elevação (MDE), conforme aponta J, Ross (1992). Os dados referentes ao substrato foram obtidos a partir dos Mapas Geológicos. Para o baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé Região, os dados de substrato foram obtidos do conjunto de cartas geológicas disponíveis em formato *raster* na escala 1:50.000, elaboradas pelo DRM-RJ entre as décadas de 1970 e 1980. Cada carta geológica foi georreferenciada, a partir do qual foram organizados em tabelas: informações sobre os ciclos geotectônicos, litologia e estratigrafia, além de aspectos morfoestruturais como a ocorrência de dobramentos e falhamentos.

Os dados geológicos deram suporte na delimitação dos domínios morfoestruturais, e foram correlacionados os padrões de idade e o tipo de litologia obtidos a partir dos mapas geológicos. Também foram utilizadas as informações referentes às deformações de rochas, ou seja, as áreas com ocorrência de dobras e falhas.

Os dados morfométricos foram obtidos dos Modelos Digitais de Elevação. Utilizou-se o conjunto de ortofotos disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), utilizadas no mapeamento topográfico na escala 1:25.000 do Estado do Rio de Janeiro ainda em execução. Para agrupar os diferentes MDEs em uma área contígua, foi extraído de cada MDE um arquivo de pontos que, posteriormente, foram interpolados gerando, assim, um MDE para a área em estudo. O objetivo da organização do MDE foi a obtenção de informações para a elaboração do Mapa Hipsométrico e Mapa de Classes de Declividades.

A partir da classificação em classes altimétricas, foi possível representar, pelo MDE, o que denominamos de Mapa Hipsométrico. Como a área apresenta uma variação altimétrica que vai de zero a mais de 1000 m, definiram-se treze classes para melhor representação dos desníveis altimétricos da área. Esse mapa foi elaborado a fim de se identificarem as áreas com maior desnível altimétrico e as áreas de topos e nascentes.

O mapa de classes de declividade foi gerado a partir do modelo digital de terreno. Como na área de estudo se apresenta uma área de planície intercalada com áreas de colinas, morrotes e morros e que faz limite com as escarpas serranas, foram adotadas cinco classes na tentativa de representar a variação de declividade da área. Este mapa é de fundamental importância para os estudos vinculados ao planejamento do uso e

ocupação das terras, e também constitui um documento cartográfico que, adicionado a outros mapas temáticos, pode identificar áreas com susceptibilidade a inundações e movimentos de massa.

Outra etapa foi a criação do “*Shaded Relief*” (relevo sombreado) no software *Envi 4.5*. Para cumprir esta etapa, foi necessário importar o arquivo do MDE gerado para cada unidade de estudo, pelo software *Arc GIS 10.3*.

Para delimitar os aspectos morfoestruturais, realizou-se um primeiro passo por meio da classificação automática por máxima verosimilhança da imagem produzida, após a interpolação por krigagem dos pontos extraídos de cada modelo digital de elevação proposto.

A organização do mapa geomorfológico foi elaborada, seguindo os seguintes passos: a delimitação dos domínios morfoestruturais, foi criado para cada unidade morfoestrutural um arquivo *shapefile* individualizado que, na área em estudo, deu origem a três arquivos: Depósitos Sedimentares Quaternários, Depósitos Sedimentares Terciários e Cinturão Orogénico do Atlântico;

- Para facilitar a interpretação dos dados morfométricos por domínio morfoestrutural, foi necessário gerar um arquivo para cada domínio morfoestrutural. Depois, foi selecionado o arquivo ao modelo digital de terreno e foram extraídas as informações referentes à altimetria, ao relevo sombreado, a reclassificação do DEM e à declividade para cada domínio morfoestrutural;
- Individualizadas as imagens de cada morfoestrutura, partimos para a identificação das unidades morfoestruturais, que, segundo J. Ross (2005), são geradas pela ação climática no decorrer do tempo geológico e possuem dimensões e idade inferiores às das unidades morfoestruturais. Para a identificação das morfoestruturas, teremos como referência a diferenciação de sombra e rugosidade representadas pela imagem sombreada, correlacionando-as com os diferentes patamares altimétricos, ou seja, a partir das curvas de nível. Nesse procedimento foi necessário a utilização da interpretação visual, considerando que algumas feições estruturais, por si mesmas, já constituem unidades esculturais. Outra forma de identificação das morfoestruturas foi a utilização de perfis topográficos, importantes por representarem um corte transversal da superfície demonstrando os diferentes padrões altimétricos ao cortar várias unidades de relevo;
- Para delimitar as unidades morfoestruturais, foi necessário sobrepor as curvas de nível à imagem sombreada, possibilitando a identificação das diferenciações de sombra e rugosidade, bem como a associação das mesmas com curvas de nível que possam limitar essas diferenciações.

Para confirmar as feições predominantes, realizou-se a interpretação visual de imagens de satélite *Landsat-8* do mês de julho/2015, cedidas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

Outros dados que foram utilizados para a delimitação dos Geossistemas foram os aspectos climáticos, cobertura vegetal natural e classes de solos.

Os mapas referentes à cobertura vegetal natural e as características climáticas, como temperatura média anual e sazonal e pluviosidade, foram obtidos no portal do INEA (2010), disponibilizados em formato *shapefile*, integrantes da publicação “*O Estado do Ambiente*” referente ao estado do Rio de Janeiro.

O mapa referente às classes de solos para o baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé foi obtido do Projeto de Zoneamento Ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé-RJ, na escala 1:100.000.

E, por fim, foi elaborado para cada área de estudo o Mapa de Geossistemas, no que se refere ao cruzamento das variáveis para elaboração do mapa final sistemas naturais (Geossistemas).

No que se refere à legenda dos mapas de geossistemas, V. Sochava (1975a) afirma que a maioria dos mapas de Geossistemas não são muito informativos e não tiram vantagem de todas as potencialidades gráficas. Algumas melhorias são claramente necessárias para aumentar a importância do método cartográfico no estudo dos Geossistemas. Mostrando simplesmente os limites dos Geossistemas em diferentes classes (frequentemente geócoros, mas, até certa medida, também geómeros) não podem ser considerados como um produto cartográfico final mesmo se os mapas se diferenciam entre limites bem definidos e não tão bem estabelecidos. Tal mapa é mais apropriado para servir como um “pano de fundo” para mostrar as ligações sistêmicas, particularmente para os componentes críticos dos complexos mapeados.

Pelo exposto, um grande desafio deste trabalho foi a construção uma legenda que possibilitasse apresentar tais ligações sistêmicas entre os seus componentes como propõe V. Sochava (1975a).

Outro componente importante na delimitação das Unidades de Paisagem refere-se aos Sistemas Antrópicos. Este mapa apresenta a espacialização dos Sistemas Antrópicos delimitados a partir da realização de trabalhos de campo e do mapeamento do uso e ocupação das terras. Para o mapeamento do uso e ocupação das terras utilizou-se o sensor *Landsat 8* (julho/2015) disponível, de forma gratuita, na Plataforma do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens foram processadas no *software* Spring versão 5.2.6 (A. Santos, T. Pelúzio, N. Saito, 2010). 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. O processo de classificação aqui utilizado para caracterizar o uso e ocupação das terras foi apoiado em ortofotos cedidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 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 nas 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) é aquela que resulta 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 ressurgiu, espontaneamente, após o abandono destas atividades; (3) a Pastagem é utilizada para a alimentação do gado e, por extensão, o terreno onde o gado é deixado para se alimentar; (4) a Cultura está associada à atividade canavieira e à agricultura de subsistência; e (5) a Área Urbana corresponde a núcleos urbanos do primeiro distrito da área de estudo.

Agruparam-se os diferentes tipos de uso e ocupação das terras em quatro sistemas antrópicos diferentes: sistemas de remanescentes de cobertura vegetal natural; sistemas agrícolas, sistemas pastoris e sistemas urbanos.

Para subsidiar as discussões dos sistemas antrópicos, também se gerou o mapa de níveis de ocupação através da articulação de informações referentes ao grau de ocupação, a partir da definição da densidade demográfica, com base dos dados do Censo Demográfico realizada em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), espacializada em regiões censitárias, e no tipo de ocupação, baseados no perfil da população e em trabalhos de campo que percorreram toda a área da região em estudo. Cabe ressaltar que, primeiro, se calculou a densidade demográfica considerando a totalidade da área da região censitária, uma vez que, algumas regiões censitárias, extrapolam o limite da bacia hidrográfica em estudo (R. Amorim, 2011).

Outro produto cartográfico elaborado para este trabalho é o mapa de áreas susceptíveis a inundações da área de estudo. Para tal, realizou-se os seguintes procedimentos: a) compartimentação das sub-bacias afluentes do rio Muriaé; b) trabalho de campo com os técnicos da Defesa Civil dos municípios que abrangem a área de estudo para registrar com uso de um DGPS marca Trimble, modelo GEOEXPLORER XH 2008, os locais atingidos por inundações nos últimos 10 anos (2005-2015); c) extração das curvas de nível com equidistância de 10 em 10 metros no entorno dos canais inundáveis; e d) construção de perfis topográficos para definir as áreas inundáveis, e assim delimitar as áreas sujeitas a inundações.

A etapa de trabalho de campo, para além de dar suporte na construção dos mapas temáticos, também tornou possível a identificação de elementos naturais e sociais que evidenciam o risco a inundação e a sua frequência e amplitude. Durante os trabalhos de campo observaram-se os elementos naturais e antrópicos da paisagem. No que se refere aos aspectos naturais, observou-se o modelado da área, anteriormente analisado na etapa de gabinete a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), no qual se demarcaram as áreas de inundação situadas nas depressões não inundáveis. No que se refere aos elementos antrópicos da paisagem, registou-se marcas deixadas pelas ocorrências das inundações, o tipo de uso e as características das edificações situadas nas áreas sujeitas a inundações.

Resultados e Discussões

Geossistemas do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ

A diversidade de Geossistemas é produto da interação entre os diferentes componentes físico-naturais (lipotipo, formas de relevo, solos, cobertura vegetal natural, tipo climático) além da interação entre oceano x continente na zona costeira ao longo do tempo geológico.

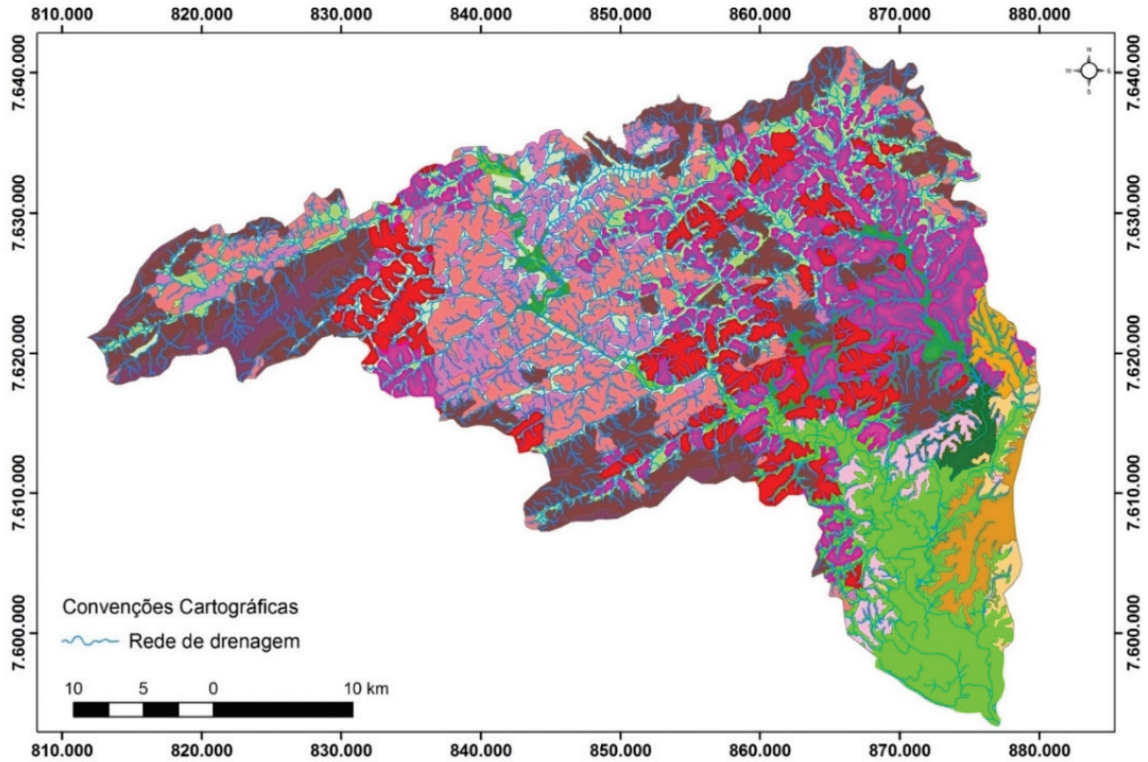
Os Geossistemas do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé foram delimitados considerando a complexidade das interações entre os aspectos geomorfológicos (levou-se em conta que as unidades geológicas foram consideradas na delimitação das unidades geomorfológicas como domínios morfoestruturais), o tipo climático, os processos pedogenéticos predominantes e a cobertura vegetal (fig. 2).

Optou-se por discutir os Geossistemas a partir dos domínios morfoestruturais que são: Cinturão Orogênico Atlântico, Depósitos Sedimentares Terciários e Depósitos Sedimentares Quaternários.

CPRM (2000) citando Almeida *et al.* (1976) e Heilbron *et al.* (1995) diz que o Cinturão Orogênico do Atlântico representa uma das significativas feições geotectônicas da fachada

atlântica brasileira, que se estende do Estado de Santa Catarina até o norte da Bahia. É composto por diversas faixas de dobramento, que podem ser identificadas em todo o Estado do Rio de Janeiro. Esse cinturão constitui-se em um conjunto diverso de rochas graníticas e gnáissicas, submetidas a diversos eventos orogenéticos ao longo do Pré-Cambriano.

CPRM (2000) afirma também que, em área limítrofe com os Depósitos Sedimentares Quaternários, existem feições colinosas de baixa amplitude topográfica, que se caracterizam por superfícies de aplainamento que foram modeladas até ao Terciário Superior e, posteriormente, dissecadas ao longo do Quaternário.



LEGENDA:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|---|------------|--------------------|------------|---------------------------|------------------|------------------|---|-------------------------|------------------|-------------------|----------------|------------------|------------|----------------------------|-----------------|
| | Precipitação | 4 a 5 meses secos | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Temperatura | Quente | | | | | | | | | | | | | | Sub- quente | |
| | Cobertura Vegetal Natural | Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas | | | | | | | Floresta Estacional Semidecidual Submontana | | | | | | | F.E. Semi-decidual Montana | |
| Domínios Morfoestruturais | Associações de Solos | PVe + PCp + MTO + PVAe | PVAe + PVe | CXbe + CXbd + GXve | GMd + GXdb | RYbe + RYve + GXbe + GXbd | Oxy + OXs + GMbd | PAd + PAx + PVAd | PVe + PVAe | PVAd + PAd + LVAd + PVe | PVe + PVAe + TCp | PVAd + PVe + PVAe | PVe + PVe + AF | PAx + PAd + PVAd | PVAd + PAd | LAX + LAd + PAd + PAx | PVe + PVAe + AF |
| Cinturão Orogénico do Atlântico | Colinas e Morrôtes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Morros | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Serras | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Depósitos Sedimentares Terciários | Tabuleiros Costeiros | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Depósitos Sedimentares Quaternários | Planícies Fluviais | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sigla da Associações de Solos:

PVe - Argissolo Vermelho eutrófico; PVAe - Argissolo Vermelho-amarelo eutrófico; MTO - Chernossolo argilúvico órtico; CXbe - Cambissolo Háptico Tb eutrófico; CXbd - Cambissolo Háptico Tb distrófico; GMd - Gleissolo Melânico distrófico; GXdb - Gleissolo Háptico Tb distrófico; GXbe - Gleissolo Háptico Tb distrófico; PCp - Luvisso Crômico pálico; RYbe - Neossolo Flúvico Tb distrófico; RYve - Neossolo Flúvico Ta eutrófico; Oxy - Organossolo Háptico Hêmico; OXs - Organossolo Háptico Sáprico.

Fig. 2 - Mapa de Geossistemas do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ.

Fig. 2 - Geo-systems' Map of the lower course of the Muriaé river Basin (RJ, Brazil).

Para Gontijo-Pascutti *et al.* (2013), o Cinturão Orogênico do Atlântico configura-se em larga escala pela área delimitada na compartimentação do relevo do território brasileiro como a Serra do Mar. Esta se estende paralelamente ao litoral por cerca de 1.500 km, desde o vale do Rio Itajaí, em Santa Catarina, até o Norte Fluminense.

Ainda conforme os autores, a origem da Serra do Mar tem sido reconhecida como tendo ocorrido em duas etapas:

- A primeira, durante o Cretáceo Inferior, está relacionada com a separação América do Sul-África, que gerou um soerguimento regional que evoluiu para riftes que levaram à formação de margens passivas e abertura do Atlântico Sul. O rifteamento e a formação da margem passiva envolveram falhas normais lítricas, mergulhando para o lado sudeste (Asmus e Ferrari, 1978; Hasui *et al.*, 1978a, b *apud* Gontijo-Pascutti *et al.*, 2013). O soerguimento e os falhamentos formaram uma Serra do Mar ancestral. Um marco importante na evolução regional é a superfície de aplainamento Sul-Americana (King, 1956 *apud* Gontijo-Pascutti *et al.*, 2013), que indica um período de estabilidade tectônica. Ela foi esculpida do Cretáceo ao início do Paleogeno, apresentando altitudes em torno de 1100m nas regiões Sudeste e Sul e fragmentos desnivelados que alcançam mais de 2000 m nas partes altas da Serra do Mar;
- A segunda etapa coincidiu com o Paleogeno, quando se desencadeou um novo soerguimento que se estendeu da região costeira do Paraná até ao Espírito Santo. O relevo, que desde então configura a Serra do Mar, vem sendo esculpido por processos superficiais e por tectonismo transcorrente intraplaca. Acredita-se que dois pulsos de soerguimento ocorreram entre 85-65 Ma e outro pós-60 Ma, com clímax no Eoceno-Oligoceno há cerca de 34 Ma, e teria dado origem à Serra do Mar atual.

No baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé o Cinturão Orogênico do Atlântico aparece em unidades bastante dissecadas apresentando predominantemente serras residuais e morros, além de colinas. Por existir uma maior homogeneidade no que se refere aos compartimentos geomorfológicos, a principal distinção nos Geossistemas da área se dá pelo maior detalhamento nos elementos referentes à interação que ocorre entre a cobertura vegetal natural, aspectos climáticos e cobertura pedológica que L. Cavalcanti (2013), baseado na obra de A. Isachenko (1973), denomina de Estado (fig. 2).

As colinas e morrotes apresentam amplitude altimétrica que variam de 20 a no máximo 100 m. Estão situados no clima quente com um máximo 5 meses secos. Tendo em vista a diferenciação na litologia, distinguiram-se três geossistemas nesta unidade, diferentes associações de solos, que interferem na dinâmica do sistema, seja em

implicações físicas, químicas ou mesmo de drenagem da área. Predominam nestes geossistemas os processos de translocação de argila o que leva à podzolização da área e formação de diferentes Argissolos.

O primeiro geossistema apresenta uma associação de PAd, PAX e PVad (solos distróficos e com coesão), o segundo geossistema apresenta a associação de PVe e PVAe (solos com caráter eutrófico) e PVAd, PAD, LVAd e PVe (solos com caráter distrófico e bem drenados, pois apresentam coloração amarela e vermelho-amarela).

Já nos morros, com altitude de 100 a 500 m pode-se diferencia-los em dois (02) geossistemas: o primeiro também associado aos processos de podzolização com a associação de PVe, PVAe e TCp. Os Planossolos estão associados às áreas de baixadas adjacentes aos morros, e são resultantes dos processos de acumulação que formam argilas expansivas do tipo 2:1. No segundo geossistema predominam os Argissolos que se distinguem por conta da cor e por sua saturação em bases. Apresentam a associação de PVAd, PVe e PVAe.

O segundo Domínio Morfoestrutural mapeado foram os Depósitos Sedimentares Terciários (fig. 2), no qual o Grupo Barreiras aflora na região de Carapebus-Quissamã e, mais restritamente, próximo às cidades de Búzios e Macaé, sendo a área de maior expressão na região do delta do rio Paraíba do Sul, nos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco de Itabapoana (CPRM, 2000).

A gênese do Grupo Barreiras está diretamente relacionada aos processos de Reativação Wealdeniana, responsáveis pelos processos distintivos que fragmentaram o continente Sul-Americano e o continente Africano, que originou diversas bacias sedimentares ao longo da Costa Atlântica, preenchidas por sedimentos cretácicos e terciários.

Como compartimento de relevo, definiu-se os Tabuleiros Costeiros. Essa formação é caracterizada por três unidades conforme Ferrari *et al.* (1981) *apud* CPRM (2000): sedimentos com textura na fração areia grossa a conglomerática, com matriz caulínica e estruturas de estratificação cruzada planar na base do pacote; uma unidade intermediária composta de interlaminações de areias grossas quartzosas com matriz areno-argilosa e argilas arroxeadas levemente arenosas; e, no topo do pacote, um nível de argilas caulínicas com cores variando entre o vermelho e branco.

Um consenso entre os pesquisadores era de que o Grupo Barreiras tinha origem apenas continental. M. Arai (2006) afirma que em trabalhos recentes, surgiram evidências de influências marinha para a gênese do Grupo Barreiras. Dentre os dados levantados estão informações de cunho paleontológico e sedimentológico.

Atualmente, o Grupo Barreiras faz contacto com colinas e morros esculpidos no Cinturão Orogênico do Atlântico

até às Planícies Quaternárias. Vale destacar que as principais manchas dos Tabuleiros Costeiros estão na área do município de Campos dos Goytacazes, já próximas da sua desembocadura (fig. 2).

Os Tabuleiros Costeiros apresentam formas de topo distintas, a depender dos processos de degradação: topos aplainados e topos convexos. Na área em estudo, o processo de dissecação foi diferenciado, pois a ação fluvial deu origem a topos convexos formando, assim, Colinas Suaves. Estas, possuem uma amplitude altimétrica entre 20 e 120 metros, apresentando elevada densidade de drenagem predominantemente nos padrões paralelo a dendrítico.

Ao observar a fig. 2, nota-se que é possível distinguir três geossistemas nos Tabuleiros Costeiros, também decorrentes da sua diferenciação de solos: o primeiro, situa-se nas áreas em que predominam o caráter coeso dos Argissolos Amarelos (PAX + PAD + PVAd). Tal grau de coesão é um fator limitante, pois a coesão no horizonte subsuperficial dificulta a percolação da água e também o desenvolvimento das raízes de plantas.

O segundo geossistema está relacionado a áreas em que ocorre oscilação do lençol freático, pois predominam os Argissolos Vermelho-Amarelo (PVAd + PAD), e o terceiro, às porções dos Tabuleiros Costeiros mais aplainados em que se instalam os processos de latolização (LAX + LAD, + PAD + PAX).

E, por fim, os geossistemas dos Depósitos Sedimentares Quaternários. Nestas áreas situam-se as áreas sujeitas a inundações. Tal cobertura sedimentar tem sua origem em eventos associados à série de ambientes de sedimentação quaternária, somados a sistemas deposicionais de origem continental e transicional/marinho. Este conjunto faz limite tanto com a porção continental, onde há rochas do embasamento de diferentes litologias e idades, quanto com o lado oceânico, onde se apresenta uma ampla plataforma continental constituída por uma sedimentação marinha quaternária. Segundo o mapeamento geológico realizado pelo DRM-RJ, destacam-se duas litologias associadas a tal domínio morfoestrutural:

- Qp - argilas e siltes micáceos, de coloração cinza-acastanhada, associadas a planícies de inundações, conglomerados e areias quartzosas, podendo conter feldspato, geralmente mal selecionadas, de coloração branco-amarelada ou acinzentada, com estratificações cruzadas de canais fluviais.
- Ql - argilas associadas a depósitos orgânicos de cor cinza a cinza-negra e a depósitos de turfa em lagos, pântanos e brejos.

Já as Planícies Fluviais presentes nas fig. 2, relacionam-se aos depósitos aluviais que formam as planícies

fluviais. Com a interpretação da imagem de satélite RapidEye, é possível identificar paleocanais e meandros abandonados. A ação antrópica, principalmente nas margens dos canais, alterou a cobertura vegetal natural, contribuindo assim para o assoreamento dos mesmos. É caracterizada por superfícies sub-horizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes à linha de costa, com interface aos sistemas de deposição continental (processos fluviais e de encosta). Apresenta também superfícies de aplainamento e a presença de pequenas colinas ajustadas ao nível de base das baixadas. Este geossistema é coberto pela Floresta Estacional Semidecídua e está diretamente relacionada às temperaturas médias situadas entre 21 e 23°C, e precipitação média anual inferior a 1.500 mm.

Neste compartimento desenvolveu-se seis geossistemas que são distinguidos por conta da associação de solos. Cada geossistema se individualiza a partir dos processos pedogenéticos atuantes. Nas porções mais próximas aos canais de 1ª e 2ª ordem, os cursos de água ainda apresentam baixa probabilidade de serem inundáveis, desta forma, os processos de podzolização ocorrem em tais planícies, por conta dos processos de infiltração que carregam consigo materiais argilosos pelo processo de translocação dos horizontes superficiais para o horizonte B textural. Nestes geossistemas associa-se o PVe + PCp + MTo e PV Ae e a associação de PV Ae + PVe.

Nas áreas em que predominam canais de 3ª ordem ocorre a formação de solos pouco desenvolvidos, os Cambissolos, com horizonte B incipiente, associação de CXbe + CXbd + GXve. Este geossistema é coberto pela Floresta Estacional Semidecídua que está diretamente relacionada com as características de temperatura e precipitação anteriormente citadas.

Alguns trechos da Planície Fluvial são caracterizados por áreas de inundações periódicas. Essas formações coincidem com as áreas com declividade inferior a 2% e vales encaixados sujeitos a inundações periódicas. A principal característica dessas formas de acumulação é a presença de terrenos mal-drenados, associados a acúmulo de materiais argilo-arenosos fluviais e alúvio-colúviais, no qual o geossistema se caracteriza pela associação de RYbe + RYve + GXbe + GXbd. Quando ocorrem acumulações de horizontes orgânicos em áreas mal-drenadas, ocorrem manchas de Oxy + OXs + GMbd.

Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ

Na fig. 3 estão delimitados os quatro sistemas antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé: Sistemas Florestais, Sistemas Pastorais, Sistemas Agrícolas e Sistemas Urbanos. Observa-se que a sua distribuição é irregular e que o grau de ocupação também varia

de acordo com o Sistema Antrópico (fig. 4). O sistema antrópico predominante na área em estudo é o Sistema Pastoril, que abrange 47,71% da área em estudo, seguido dos Sistemas Florestais com cerca de 40%. Os Sistemas Agrícolas abrangem 10,41% da área de estudo, e o sistema antrópico que concentra maior grau de ocupação (alto e muito alto) conforme a fig. 4, são os Sistemas Urbanos, que correspondem a menos de 1% da área total de estudo (TABELA II).

Observando ainda as TABELA II e o fig. 5 verifica-se que todos os Sistemas Antrópicos apresentam parte de suas áreas sujeitas as inundações. Os sistemas antrópicos mais afetados pelas inundações são os Sistemas Agrícolas (55,80%), e os Sistemas Urbanos (47,60%) sejam pelos prejuízos materiais ou pelos prejuízos de vida.

O sistema antrópico “Sistemas Florestais” é o segundo em extensão na área em estudo. Na área em estudo predomina a cobertura da Mata Ciliar correspondendo a 60% dos Sistemas Florestais (área de 361,351 km²) e o restante, aproximadamente 40%, correspondem a Mata Secundária (área de 244,535 km²), conforme a fig. 6.

Para que os demais sistemas antrópicos fossem inseridos na área de estudo, houve a necessidade da substituição da cobertura vegetal natural por outras formas de uso e ocupação das terras.

O código florestal brasileiro (Brasil, 2012b) - Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 - define como Área de Preservação Permanente (APP) áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Tais APP deverão estar localizadas: (1) Nas faixas marginais de qualquer curso d'água natural (mata ciliar de beira de rio); (2) No entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes; (3) No entorno dos lagos e lagoas naturais; (4) No entorno dos reservatórios d'água artificiais; (5) Nas encostas ou em partes destas com declividade superior a 45°; e (6)

No topo de morros, montes, montanhas e serras. Na área em estudo, as Áreas de Proteção Permanente (APP) restringem-se às matas ciliares, já que nas encostas do baixo curso do Rio Muriaé, apenas 0,308 m² das encostas apresentam declividades superiores a 25% (45°) conforme se observa na fig. 7.

A área destinada as APPs está diretamente relacionada aos módulos fiscais. Conforme Landau *et al.* (2012) o módulo fiscal (MF) é a unidade de medida agrária que concebe a área mínima necessária para as propriedades rurais poderem ser consideradas economicamente viáveis (Brasil, 2012a). O módulo rural foi instituído pela Lei nº 6.746, de 10 de dezembro de 1979, e o seu tamanho varia de 5 a 110 hectares, conforme o município. O tamanho dos módulos fiscais foi fixado inicialmente pela Instrução Especial nº 20, de 1980, do INCRA (Brasil, 1980). Municípios criados posteriormente tiveram o tamanho do módulo fiscal fixado por Portarias e Instruções Especiais mais recentes. Foi o caso das Instruções Especiais nº 541, de 1997, e nº 3 de 2005, para municípios instalados em 1997 e 2005, respectivamente (Brasil, 1997; Brasil, 2005). Na área de estudo, os municípios de Italva e Cardoso Moreira foram emancipados do município de Campos dos Goytacazes em 1982 e 1989, respectivamente. Os demais municípios que abrangem a área de estudo foram emancipados antes de 1980, tendo seus módulos fiscais determinados em 1980. Com exceção do município de Cambuci que tem como módulo fiscal 32 ha, os demais municípios que compõem a área de estudo têm 12 ha como módulo fiscal.

Para a definição do módulo fiscal foram levados em conta:

- O tipo de exploração predominante no município;
- A renda obtida com a exploração predominante;
- Outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, fossem expressivas em função da renda ou da área utilizada e;
- O conceito de propriedade familiar.

TABELA II - Distribuição por área total e das áreas sujeitas a inundações dos Sistemas Antrópicos do Baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé (RJ, Brasil).

TABLE II - Distribution by total area and the areas prone to flooding of Anthropogenic Systems of the lower course of the Muriaé river Basin (RJ, Brazil).

| CATEGORIAS | | Área (km ²) | % na área de estudo | Área sujeita a inundação (km ²) | % da área sujeita a inundação |
|--|-----------------------|-------------------------|---------------------|---|-------------------------------|
| Sistemas Antrópicos | Sistemas Agrícolas | 156,21 | 10,41 | 87,17 | 37,66 |
| | Sistemas Pastoris | 715,81 | 47,71 | 81,28 | 35,11 |
| | Sistemas Florestais | 605,88 | 40,38 | 44,90 | 19,40 |
| | Sistemas Urbanos | 5,55 | 0,37 | 2,64 | 1,14 |
| Outras formas de uso e ocupação das terras | Corpos Líquidos | 16,71 | 1,11 | 15,49 | 6,69 |
| | Afloramentos Rochosos | 0,10 | 0,01 | - | - |
| TOTAL | | 1.500,39 | 100 | 231,48 | 100 |

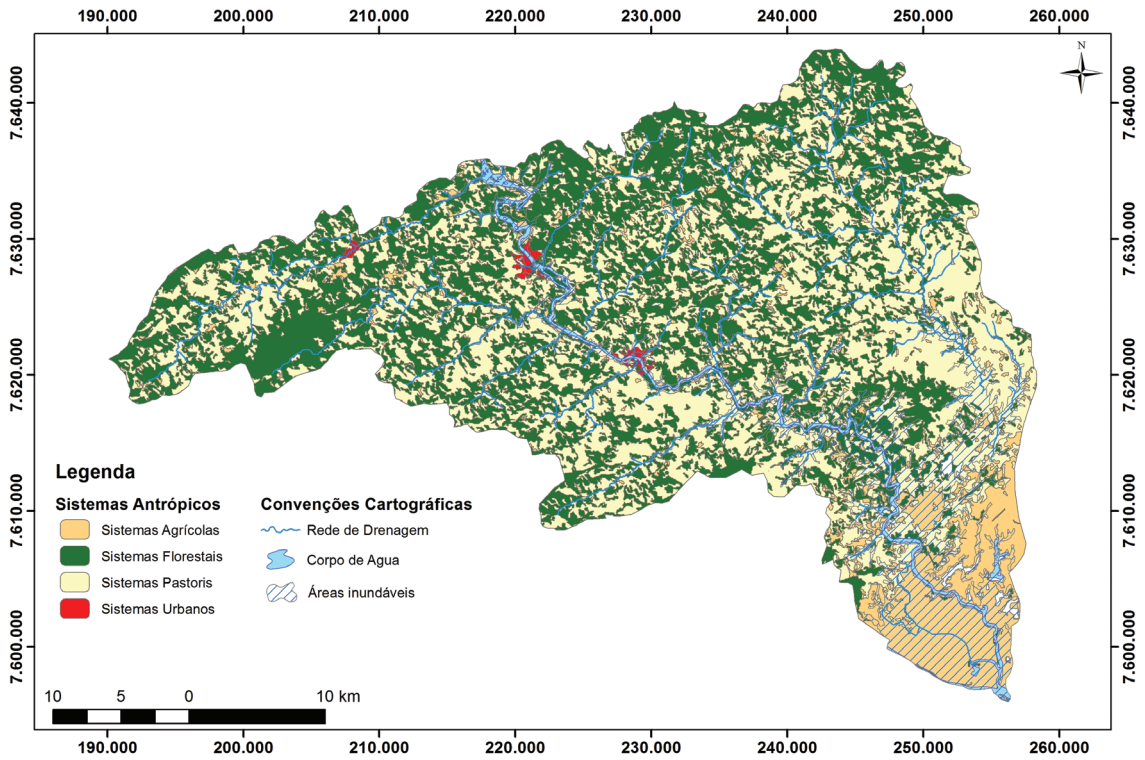


Fig. 3 - Mapa de Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ.

Fig. 3 - Map of the Anthropogenic Systems in the lower course of the Muriaé river Basin (RJ, Brazil).

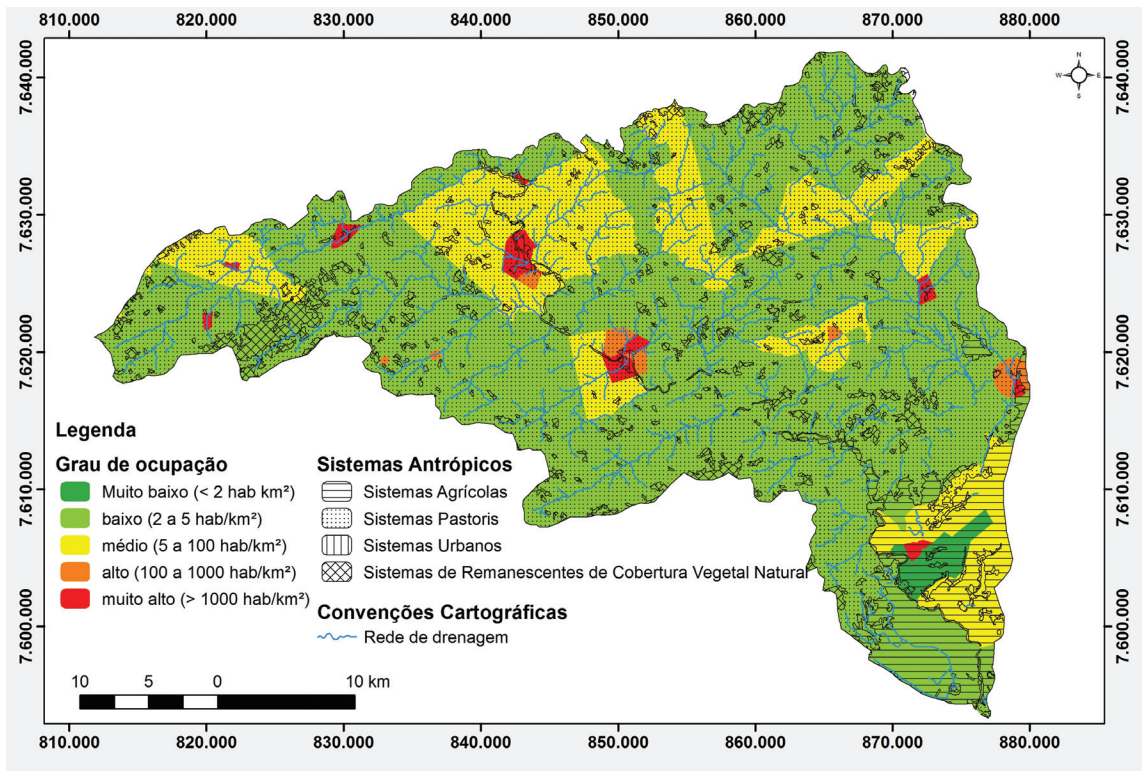


Fig. 4 - Mapa de Grau de Ocupação por Sistemas Antrópicos do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ.

Fig. 4 - Map of the level of occupation by anthropogenic systems in the lower course of the Muriaé river Basin (RJ, Brazil).

O módulo fiscal é adotado como parâmetro para o sistema brasileiro de *classificação fundiária* dos imóveis rurais do município quanto ao seu tamanho, em conformidade com o art. 4º da Lei nº 8.629/93 (Brasil, 1993; Brasil, 2012b). Assim, as propriedades rurais podem ser classificadas em:

- Minifúndios: com tamanho de até um módulo fiscal;
- Pequenas propriedades: com área entre um e quatro módulos fiscais;
- Médias propriedades: com dimensão superior a quatro até 15 módulos fiscais e;
- Grandes propriedades: com área maior do que 15 módulos fiscais.

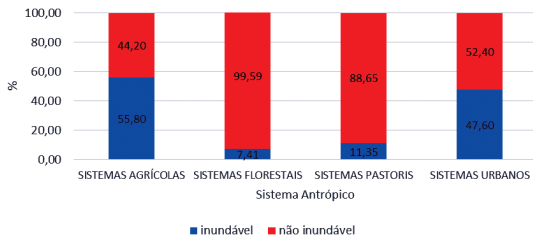


Fig. 5 - Distribuição das áreas inundáveis e não inundáveis por Sistema Antrópico do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé (RJ, Brasil).

Fig. 5 - Distribution of the areas prone to flooding and not flooded by Anthropogenic System in the lower course of the Muriaé river Basin (RJ, Brazil).

Observando a fig. 6 verifica-se que nem todas as margens de rios e nascentes tem a mata ciliar. Tais áreas têm sido degradadas ao longo de séculos para a implantação de cultivos e/ou para a instalação da pecuária bovina.

Conforme Brasil (2012a) não existe uma obrigatoriedade de recomposição da mata ciliar pelos proprietários, pois ao interpretar imagens de satélite anteriores a 22 de junho de 2008, estas áreas já estavam degradadas. Tal anistia é conferida aos proprietários rurais conforme Brasil (2012a):

“Art. 7º - A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado.

[...]

§ 3º - No caso de supressão não autorizada de vegetação realizada após 22 de julho de 2008, é vedada a concessão de novas autorizações de supressão de vegetação enquanto não cumpridas as obrigações previstas no § 1º.

[...]

Art. 9º - É permitido o acesso de pessoas e animais às Áreas de Preservação Permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental (Brasil, 2012)”.

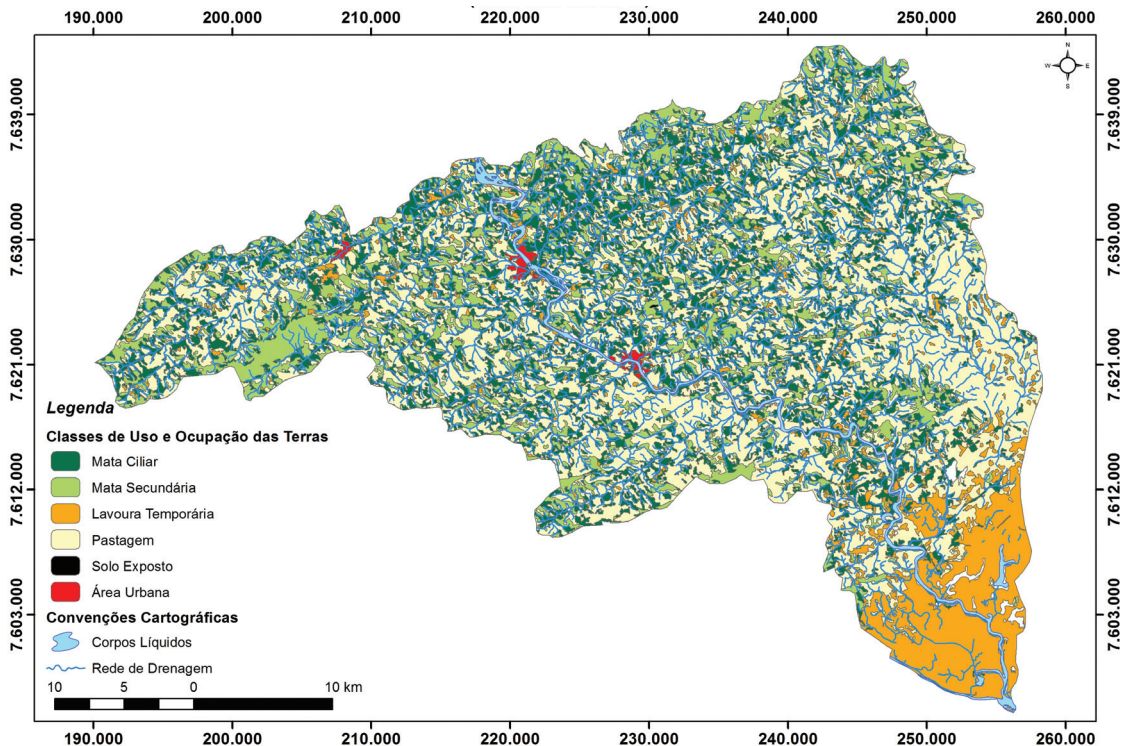


Fig. 6 - Mapa de uso e ocupação das terras do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ (cenário de 2015).

Fig. 6 - Map of Use and occupation of the Lands in the lower course of the Muriaé river Basin - RJ, Brazil (2015 scenario).

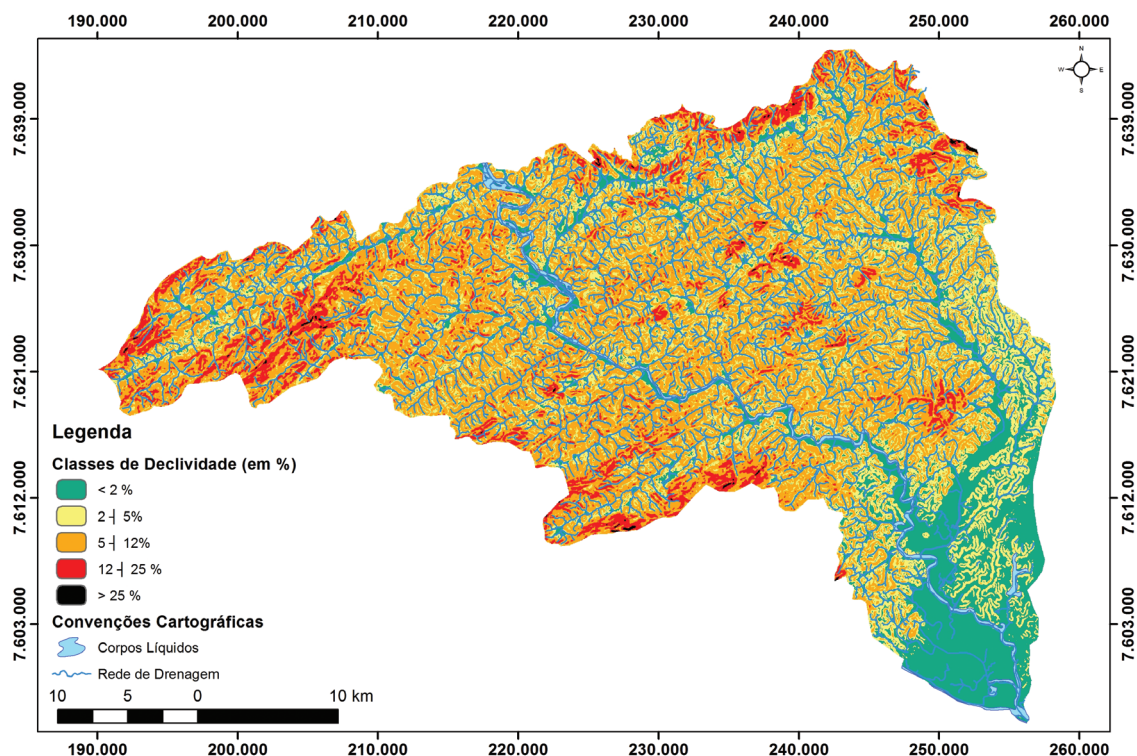


Fig. 7 - Mapa de classes de declividade do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ.

Fig. 7 - Map of the slope classes in the lower course of the Muriaé river Basin (RJ, Brazil).

Observando a fig. 3, a TABELA II e a fig. 6, verifica-se que predominam os sistemas antrópicos pastoris na área de estudo. Os sistemas pastoris apresentam muito baixa a baixa densidade demográfica. Encontram-se nos geossistemas desenvolvidos em planícies fluviais, colinas, morros e serras que abrangem cerca de 48% da área total do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé (715,817 km²). Cabe ressaltar que 11.35% das áreas de pastagens estão em áreas inundáveis.

Baseando-se em dados do Sistema SIDRA do IBGE (IBGE, 2015), considerando apenas os municípios de Cardoso Moreira e Italva (apresentam totalidade de suas áreas de pastagem na área de estudo), em 2014, ambos os municípios têm em torno de 75.000 cabeças de gado bovino. O número do efetivo bovino para a parcela do território dos municípios de Cambuci, Campos dos Goytacazes, Itaperuna e São Fidélis, que estão no baixo curso do Rio Muriaé, não podem ser indicadas, pois os dados do IBGE não estão disponíveis por região censitária (como os dados populacionais), apenas por município.

Um impacto da substituição da cobertura vegetal natural pela pastagem está no processo de compactação do solo que diminui a capacidade e a velocidade de infiltração da água nos solos. Com menor capacidade de infiltração, os fluxos de água superficiais tendem a escoar para os cursos de água, ampliando as inundações nos fundos de vale e nas planícies fluviais. Cerca de 11% das áreas de pastagens estão em áreas sujeitas a inundações. Conforme

a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, os pecuaristas que ocupam essas áreas num período anterior a 22 de junho de 2008 não precisam fazer a recuperação da cobertura vegetal natural (TABELA II).

O terceiro sistema antrópico em extensão é o Sistema agrícola. Este predomina próximo da desembocadura do Rio Muriaé no município de Campos dos Goytacazes, coincide com as áreas de Tabuleiros Costeiros e com as Planícies Fluviais. Conforme o mapa de uso e ocupação das terras (fig. 7), em cerca de 10% da área de estudo ocorre o plantio de cana-de-açúcar. Apresenta baixo grau de ocupação (fig. 4). Os demais cultivos ocorrem em pequenas propriedades para fins de subsistência, destacando-se o plantio de mandioca, arroz, milho, feijão e hortaliças. Nos períodos de cheias do baixo curso do Rio Muriaé, tais áreas são afetadas e a produção comprometida conforme apontam C. Reis & R. Amorim (2014) que indicam que cerca de 90 km² das áreas do sistema agrícola estão em áreas sujeitas a inundações (TABELA I). Cerca de 44% das Sistemas Agrícolas são sujeitos a inundações (fig. 6).

Os Sistemas Urbanos apresentam a menor área na área em estudo. Correspondem a 5,55 km², cerca de 0,37% da área de estudo (TABELA I), sendo que 2,64 km², cerca de 47% das áreas urbanas são inundáveis (fig. 6). A distribuição das áreas urbanas inundáveis é irregular. A localidade de Três Vendas (um bairro do município de Campos dos Goytacazes) tem sua área 100% inundável, enquanto a área urbana da cidade de Cardoso Moreira

tem 80% da sua área inundável. Já o município de Italva tem três núcleos urbanos situados em áreas inundáveis: a sede do município apresenta 53% da sua área inundável e as localidades de Cimento Paraíso e São Pedro do Paraíso tem suas áreas 100% inundáveis (fig. 8).

A Defesa Civil dos municípios de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira e Italva notificaram ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2015), a ocorrência de inundações bruscas no ano de 2009 e 2013, e inundações graduais nos anos de 2005, 2007, 2008, 2011 e 2012 com frequência anual e/ou bianual e com intensidades diferenciadas.

Nos últimos 10 anos apenas nos anos de 2006, 2010 e nos anos de 2013, 2014 e 2015 não ocorreram episódios de inundações. A partir dos dados obtidos na TABELA III, pode-se notar a frequência de recorrência do fenômeno. Ocorreram inundações em intervalos anuais (2007-2008-2009; e 2011-2012-2013) intercalados por dois intervalos bianuais (2005-2007 e 2009-2011). Todos os episódios de inundações ocorreram pelo período mais chuvoso nas normais climáticas.

Verifica-se que a Defesa Civil dos municípios situados no baixo curso do rio Muriaé apontam que as ocorrências das inundações estão diretamente relacionadas com as precipitações acumuladas, de volumes superiores a 100 mm em um período de cinco dias. O único episódio analisado na

série histórica que apresenta um volume acumulado inferior a 100 mm, é o episódio que atingiu a área rural de Cardoso Moreira, não houve um transbordamento do Rio Muriaé, mas sim de alguns canais e córregos que desaguam no Rio Muriaé, que alagou as áreas rebaixadas da área rural (TABELA III).

A intensidade dos episódios de inundações está relacionada a três fatores: área de abrangência, danos na infraestrutura e prejuízos materiais e população diretamente atingida, contabilizando desalojados, desabrigados, enfermos e óbitos.

A partir da fig. 9 e dos dados tabulados nas TABELAS IV e V, é possível traçar um perfil da intensidade dos episódios. O episódio que abarcou maior área e afetou área rural e urbana de três municípios foi o que ocorreu em janeiro/2012. Para este episódio em particular não constam perdas de vida humana, mas apontam diferentes prejuízos tanto na área urbana como na área rural dos municípios de Campos dos Goytacazes (Três Vendas), Cardoso Moreira e Italva. Foram 3.087 habitantes desabrigados e 851 desalojados. Um fator que agravou o socorro às vítimas foi decorrente do isolamento de algumas localidades por conta do rompimento da rodovia BR-356. Conforme a TABELA IV este episódio foi o que registrou maior número de danos em infraestrutura instalada (residencial, comercial e serviços públicos). Para este episódio, apenas o município de Italva notificou

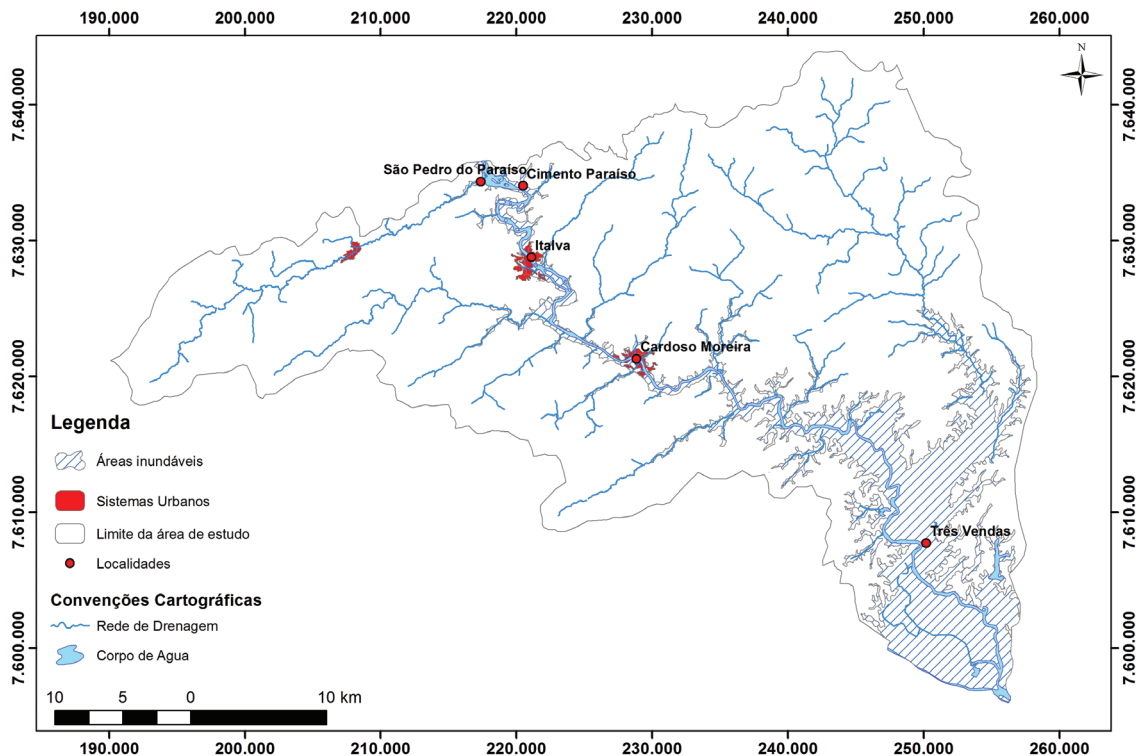


Fig. 8 - Mapa de áreas sujeitas a inundações do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé-RJ.

Fig. 8 - Map of the areas prone to flooding in the lower course of the Muriaé river basin (RJ - Brazil).

TABELA III - Síntese das ocorrências de inundações registradas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres no baixo curso do Rio Muriaé entre 2005 e 2013.

TABLE III - Summary of floods occurrences recorded in the Integrated Disaster Information System on the lower course of the Muriaé River between 2005 and 2013

| Registro da ocorrência | Áreas Atingidas | Tipo de ocorrência | Precipitação acumulada (mm) <i>in loco</i> (05 dias) | Precipitação acumulada (mm) a montante (05 dias) |
|------------------------|---|-------------------------------|--|--|
| 05/03/2005 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) | Inundação gradual ou Enchente | 85,5 | 177,9 |
| 04/04/2007 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | Inundação gradual ou Enchente | 165,2 | 94,8 |
| 17/12/2008 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | Inundação gradual ou Enchente | 180,5 | 220,7 |
| 05/01/2009 | • Italva (área rural e urbana) | Inundação brusca ou Enxurrada | 185,9 | 99,3 |
| 15/01/2011 | • Campos dos Goytacazes (área rural) • Cardoso Moreira (área rural e urbana) | Inundação gradual ou Enchente | 143,2 | 126,4 |
| 02/01/2012 | • Campos dos Goytacazes (área rural) • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | Inundação gradual ou Enchente | 128,7 | 267,7 |
| 03/12/2013 | • Cardoso Moreira (área rural) | Inundação brusca ou Enxurrada | 63,8 | 95,4 |

Fonte/Source: S2ID (2015) e ANA (2015).

o Sistema Integrado de Informações de Desastres (S2ID) relativamente aos prejuízos na agricultura, pecuária e comércio (TABELA IV).

O segundo episódio caracterizado como de grande intensidade foi o que ocorreu em dezembro/2008. Este episódio também atingiu a área urbana e área rural dos municípios de Cardoso Moreira. Neste episódio registou-se dois óbitos, 6 habitantes levemente feridos, para além de 521 pessoas desabrigadas e 1178 habitantes desalojados (fig. 9). Os prejuízos estimados na área comprometeram a atividade econômica na área da bacia hidrográfica (TABELA V), principalmente a lavoura de cana-de-açúcar e arroz, que teve sua produção totalmente

destruída e o impedimento do funcionamento de estabelecimentos comerciais, alterando o comércio local próximo ao Natal, período de grande venda.

A inundação de abril/2007 atingiu as áreas urbanas e rurais de Cardoso Moreira e Italva. Houve 6 habitantes levemente feridos e o número de desalojados foi de 964 moradores e 217 desabrigados. Já os prejuízos econômicos foram mais expressivos conforme a TABELA V documenta, principalmente na agricultura e na pecuária.

Em 2011, a localidade de Três Vendas e a área urbana e rural de Cardoso Moreira foi atingida em janeiro/2011 por um episódio de inundação gradual que danificou 1453 residências, 30 estabelecimentos comerciais e 13 áreas de serviços públicos (TABELA IV). Para este episódio a Defesa Civil de ambos os municípios não informou dos possíveis prejuízos nos diferentes setores econômicos, mas indicou que 1600 pessoas foram desabrigadas e 400 habitantes desalojados.

A intensidade dos demais episódios conforme os registos da Defesa dos municípios que abrangem a área de estudo, tiveram menor abrangência.

Os episódios de março/2005 e dezembro/2013 foram apenas notificados pela Prefeitura de Cardoso Moreira. A fig. 9 mostra que o número de desalojados chegou a 1336, 324 desabrigados, 2 gravemente feridos e 106 levemente feridos no ano de 2005, danificando 418 residências, além de outras infraestruturas instaladas, enquanto no evento de 2013, por atingir apenas a área rural, o número de desalojados foi de 7 e 121 desabrigados (TABELA IV).

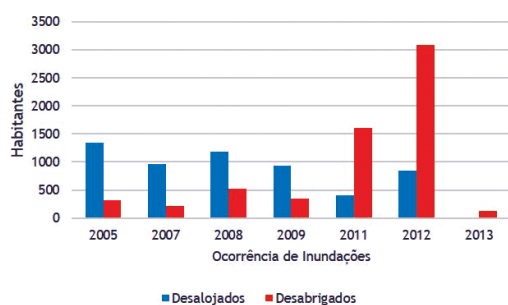


Fig. 9 - Habitantes desalojados ou desabrigados nos episódios de inundações no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé entre 2005 e 2013.

Fig. 9 - Homeless and displaced people in flooding episodes in lower course of the Muriaé River basin between 2005 and 2013.

TABELA IV - Danos na infraestrutura instalada no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé decorrente das inundações ocorridas entre 2005 e 2013.

TABLE IV - Damage to infrastructure installed in the lower course of the river basin of the Muriaé River arising from the floods between 2005 and 2013.

| Ano | Áreas Atingidas | Residencial | Comercial | Industrial | Serviços Públicos |
|------|---|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| 2005 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) | 418 | 35 | 0 | 13 |
| 2007 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | 46 | 25 | 0 | 8 |
| 2008 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | 900 | 39 | 0 | 9 |
| 2009 | • Italva (área rural e urbana) | 593 | 70 | 1 | 9 |
| 2011 | • Campos dos Goytacazes (área rural) • Cardoso Moreira (área rural e urbana) | 1453 | 30 | 0 | 13 |
| 2012 | • Campos dos Goytacazes (área rural) • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | 1718 | 75 | 0 | 34 |
| 2013 | • Cardoso Moreira (área rural) | Não informado | Não informado | Não informado | Não informado |

Fonte/Source: S2ID (2015).

TABELA V - Prejuízos estimados nos diferentes seguimentos econômicos decorrentes das inundações ocorridas no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé entre 2005 e 2013.

TABLE V - Estimated losses in the different economic sectors resulting from the flooding of the Lower Basin of the Muriaé River between 2005 and 2013.

| Ano | Áreas Atingidas | Agricultura | Pecuária | Comércio |
|-------|---|--|--|---|
| 2005 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) | • 10t de abacaxi; • 4t de banana; • 3t de mandioca | • 21.000 l de leite | • Impedimento no funcionamento de 35 estabelecimentos comerciais, com prejuízo estimado de R\$ 28.000 |
| 2007 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | • 500 t de milho • 25,5 t de arroz • 13 t de abacaxi • 06 t de banana • 06 t de mandioca • 02 t de uva • 03 t de manga • 10.000 t de cana-de-açúcar | • 30.000 l de leite | • Não informado |
| 2008 | • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | • 312,2 t de arroz • 5 t de frutas • 15.024 t de cana-de-açúcar | • 230.000 l de leite • 4.000 peixes | • Impedimento no funcionamento de 52 estabelecimentos comerciais |
| 2009 | • Italva (área rural e urbana) | • 52,2 t de arroz | • 185.000 l de leite | • Prejuízo estimado em R\$ 1.284.900,00 |
| 2011 | • Campos dos Goytacazes (área rural) • Cardoso Moreira (área rural e urbana) | • Não informado | • Não informado | • Não informado |
| 2012* | • Campos dos Goytacazes (área rural) • Cardoso Moreira (área rural e urbana) • Italva (área rural e urbana) | • 52,2 t de arroz | • 185.000 l de leite | • Prejuízo estimado em R\$ 250.000,00 |
| 2013 | • Cardoso Moreira (área rural) | • Não informado | • Não informado | • Não informado |

*Informado apenas pela Defesa Civil do município de Italva-RJ

Fonte/Source: S2ID (2015).

A inundação brusca de janeiro/2009 foi notificada apenas pelo município de Italva. Tal episódio gerou grande impacto, principalmente pela rapidez do evento, verificando-se prejuízos na pecuária, com a perda de 185.000 litros de leite, perdas estimadas no comércio entorno de R\$ R\$1.284.900,00 (TABELA V), além de 927 desalojados e 354 desabrigados, devido a danos na infraestrutura de 593 residências (TABELA IV).

Evidências das inundações presentes na paisagem

É possível identificar na paisagem elementos que indicam a ocorrência das inundações que ocorreu no ano de 2012, três anos após a última ocorrência registrada. Dentre os elementos identificados nos trabalhos de campo elencase: (a) marcas das inundações anteriores nas edificações habitadas e/ou utilizadas como estabelecimentos comerciais; (b) áreas destruídas e não reconstruídas; (c) problemas ambientais decorrentes da falta de infraestruturas que agravam o efeito das inundações; (d) intervenção no canal para o extrativismo mineral; e (e) realização de obras para mitigar efeito das inundações.

Nas localidades de Três Vendas, Cardoso Moreira e São Pedro do Paraíso (área rural de Italva) é possível identificar marcas de inundações em inúmeras edificações. Tais edificações são utilizadas para fins públicos, como a sede de Defesa Civil de Cardoso Moreira, comerciais e de moradia, conforme as fot. 1 e fot. 2.

Na área urbana de Cardoso Moreira e na localidade de São Pedro do Paraíso é possível identificar diversas residências abandonadas que apresentam marcas da destruição da inundação de janeiro/2012. Em Cardoso Moreira as residências abandonadas estão intercaladas com outras habitadas, enquanto na localidade de São Pedro do Paraíso uma vila inteira está abandonada, conforme ilustram as fot. 3 e fot. 4.

Também existem evidências de problemas ambientais decorrentes da falta de infraestruturas que agravam o efeito das inundações, dentre elas destaca-se a falta de saneamento básico, o que leva ao lançamento dos efluentes domésticos diretamente no rio Muriaé (fot. 5) como observado em Cardoso Moreira e Italva, ou mesmo o esgoto doméstico escoando pelas ruas da localidade de Três Vendas. Como consequência, a presença de esgoto não tratado e lixo no rio podem ocasionar doenças durante os episódios de cheias.

No rio Muriaé também ocorre o extrativismo mineral. Na área rural de Cardoso Moreira existe a extração de areia do leito do rio, fazendo que no período de cheias, a retirada dos sedimentos do leito potencialize a velocidade da vazão (fot. 6).

A partir do mês de março/2015 foi possível visualizar a realização de prospecção geológica (fot. 7), etapa que



Fot. 1 - Marcas da inundação de janeiro/2012 em uma residência na localidade de Três Vendas (Fotografia de Cármen Ferreira, abril de 2015).

Photo 1 - Flood marks of January/2012 in a house in Três Vendas (Photography of Cármen Ferreira, April of 2015)



Fot. 2 - Marcas da inundação de janeiro/2012 em uma loja de material de construção na cidade de Cardoso Moreira (Fotografia de Cármen Ferreira, abril de 2015).

Photo 2 - Flood Marks of January/2012 in a building materials' store, in Cardoso Moreira City (Photography of Cármen Ferreira, April of 2015).

precede as obras de dragagem, bem como a construção de macrodrenagem urbana, de diques de gabião e, ainda, diques de aterro. As obras já foram aprovadas, e os recursos foram oriundos do Governo do Estado do Rio de Janeiro, atingindo a cifra de R\$ 602 milhões de reais, tendo como prazo para conclusão de 02 anos.



Fot. 3 - Vila abandonada por conta dos efeitos da inundação de janeiro/2012 na localidade de São Pedro do Paraíso (Fotografia de Cármen Ferreira, abril de 2015).

Photo 3 - Village abandoned due to the effects of the flood in January/2012 in São Pedro do Paraíso (Photography of Cármen Ferreira, April of 2015).



Fot. 6 - Extração de areia no rio Muriaé (área rural de Cardoso Moreira) (Fotografia de Claudio Henrique Reis , abril de 2015).

Photo 6 - Extraction of sand in the river Muriaé (rural area of Cardoso Moreira) (Photography of Claudio Henrique Reis April of 2015).



Fot. 4 - Residência interdita pela Defesa Civil por conta dos efeitos da inundação de janeiro/2012 na área urbana de Cardoso Moreira (Fotografia de Raul Reis Amorim, abril de 2015).

Photo 4 - House interdicted by the Civil Defense due to the effects of the flood in January / 2012 in the urban area of Cardoso Moreira (Photography of Raul Reis Amorim, April of 2015).



Fot. 7 - Prospecção de rochas na margem esquerda do rio Muriaé (área urbana de Cardoso Moreira) (Fotografia de Cármen Ferreira, abril de 2015).

Photo 7 - Prospecting rocks in the left margin of the river Muriaé (urban area of Cardoso Moreira) (Photography of Cármen Ferreira, April of 2015).



Fot. 5 - Lançamento de efluentes domésticos in natura no rio Muriaé (área urbana de Cardoso Moreira) (Fotografia de Raul Reis Amorim, abril de 2015).

Photo 5 - Launch of domestic effluents in nature into the river Muriaé (urban area of Cardoso Moreira) (Photography of Raul Reis Amorim, April of 2015).

Considerações Finais

O mapeamento dos Geossistemas e dos Sistemas Antrópicos é uma metodologia eficaz que possibilita a compreensão da dinâmica e dos processos naturais e antrópicos em bacias hidrográficas que apresentam o risco a inundações. O efeito das inundações realizado a partir de uma perspectiva sistêmica analisa as relações entre elementos que constituem este sistema aberto, e as alterações nos fluxos de matéria e energia, assim como as alterações que ocorrem nos mecanismos de armazenagem e regulação da entrada e saída de água,

nutrientes, sedimentos e materiais de origem antrópica como lixo, esgoto, restos de materiais de construção dentre outros.

No caso da bacia hidrográfica em estudo, por se tratar de uma área de baixo curso, está naturalmente é sujeita a processos deposicionais por conta das baixas amplitudes altimétricas. No baixo curso do rio Muriaé, as inundações ocorrem tanto por conta do controle estrutural que condiciona a esculturação de um vale encaixado em rochas metamorizadas com falhamentos e potencializadas, por conta da ocupação, nas áreas sujeitas a inundações.

A substituição da cobertura vegetal natural por atividades agropastoris, em especial a pecuária bovina, potencializa o escoamento superficial, aumentando de forma rápida o volume dos afluentes que desaguam no rio principal. A compactação do solo decorrente do pisoteio do gado diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial.

A desmatamento das matas ciliares, seja nas margens dos rios, seja na área das nascentes, diminui a proteção dos rios, que estão mais vulneráveis ao assoreamento, tornando os rios mais rasos e, desta forma, diminuindo o volume de águas capaz de ocasionar inundações. Parte da mata ciliar é ocupada por pastagens e por lavouras anuais como a cana-de-açúcar, arroz, feijão, milho e mandioca. A produção é afetada durante os episódios de inundações.

As áreas urbanas situadas na área em estudo são cidades pequenas (Cardoso Moreira e Itálva) e/ou distritos (Três Vendas, Cimento Paraíso e São Pedro do Paraíso). São áreas que concentram a população expondo-a ao risco de inundações. A infraestrutura pública que poderia dar suporte à população durante os episódios de inundações também está situada nas áreas vulneráveis, o que dificulta o apoio e assistência à população em geral.

Conhecer os Sistemas Antrópicos da área em estudo possibilita espacializar os diferentes tipos de atividades econômicas desenvolvidas na bacia hidrográfica, e assim, compreender porque nos episódios de inundações a agricultura e a pecuária são gravemente afetadas, além do comércio de cidades pequenas, que ficam impossibilitados de funcionamento durante as inundações. Cabe destacar, que a compreensão da dinâmica dos Sistemas Antrópicos do entorno das áreas sujeitas a inundações são fundamentais, pois estes, podem potencializar o efeito das inundações, como é o caso das áreas de pastagens em que o gado extensivo compacta o solo, diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial em direção aos canais.

Por se tratar de municípios pequenos, a receita não possibilita por si custear as obras de mitigação das inundações e as obras de prevenção a novos desastres. Tais municípios dependem dos investimentos do estado do Rio de Janeiro e/ou do governo federal para execução

de tais obras. Como os recursos aplicados não foram suficientes, é possível identificar na paisagem marcas das inundações anteriores, assim como identificar problemas ambientais e de infraestrutura que potencializam os efeitos das inundações no baixo curso do rio Muriaé.

Referências Bibliográficas

- Amaral, R.; Ribeiro, R. R. (2009) Inundação e enchentes. In: Tominaga, L. K.; Santoro, J.; Amaral, R. (orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico. 39-52p.
- Amorim, R. R. (2011) *Análise Geoambiental como subsídio ao uso e ocupação das terras da Região Costa do Descobrimento (Bahia)*. (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 283p.
- Amorim, R. R. (2012) Um novo olhar na Geografia para os conceitos e aplicações de Geossistemas, Sistemas Antrópicos e Sistemas Ambientais. *Revista Caminhos de Geografia* (UFU). v. 13, 80-101p.
- Arai, M. A. (2006) Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP. Série Científica*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6.
- Araujo, G. H. S.; Almeida, J. R.; Guerra, A. J. T. (2005). *Gestão ambiental de áreas degradadas*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Bertrand, G. (1971) Paisagem e geografia Global. Esboço metodológico. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de geografia, *Cadernos de Ciências da Terra*, (13) p. 1-27.
- BRASIL. (1980) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Instrução Especial/Incrá/nº 20, de 28 de maio de 1980. Estabelece o Módulo Fiscal de cada Município, previsto no Decreto nº 84.685 de 06 de maio de 1980. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 jun. 1980. Seção 1, p. 11606. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2015.
- BRASIL. (1993) Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 fev. 1993. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2015.
- BRASIL. (1997) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Portaria nº 37 e Instrução Especial/Incrá/nº 541, de 26 de agosto de 1997. Estabelece o Módulo fiscal para os Municípios constantes da tabela anexa. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 set. 1997. Seção 1, p. 19243-19246. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2015.

- BRASIL. (2005) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Instrução Especial/Incrá/nº 03, de 11 de abril de 2005. Estabelece o Módulo Fiscal para os Municípios constantes da tabela anexa. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 abr. 2005. Seção 1. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/321585/pg-110-secao-3-diario-oficial-da-uniao-dou-de-12-04-2005,pag.-110>. Acesso em: 20 set. 2015.
- BRASIL. (2012a) Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, Variação Geográfica do Tamanho dos Módulos Fiscais no Brasil 21 e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2012b. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em 20 set. 2015.
- BRASIL. (2012b) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 28 maio 2012c. Disponível em: Acesso em: 20 out. 2012.
- BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2012d. Disponível em: Acesso em: 25 out. 2012. BRASIL. Senado Federal. Reforma do Código Florestal. 2012e. Disponível em: Acesso em: 20 set. 2015.
- Carvalho, C. S.; Macedo, E. S.; Ogura, A. (2007) (org.) *Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios*. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT.
- Castro, A. L. C. (2003) *Manual de Desastres: Desastres Naturais*. Brasília: Ministério da Integração Nacional.
- Cavalcanti, L. C. S. (2013). *Da descrição de áreas a teoria dos Geossistemas: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas* (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2818 p.
- Cavalcanti, L. C. S. (2014) *Cartografia das paisagens: fundamentos*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Chauí, M. (2000) *Brasil: Mito fundador e sociedade autoritária*. São Paulo: Perseu Abramo.
- Chorley, R. J. & Kennedy, B. A. (1971) *Physical geography: a systems approach*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Christofoletti, A. (1980) *Geomorfologia*. São Paulo: Blucher.
- Christofoletti, A. (2001) Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento ambiental. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (org.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4 ed. Rio de Janeiro, p. 415-440.
- CPRM. Companhia Brasileira de Recursos Minerais (2000). *Projeto Rio de Janeiro*. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, v. 1-8.
- Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. (2003) *Degradação Ambiental*. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (org.) *Geomorfologia e meio ambiente*. 4. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 337-379p.
- Gontijo-Pascutti, A. H. F.; Hassui, Y.; Santos, M. S. & Soares Júnior, A. V.; Souza, I. A. (2012) *As serras do mar e da mantiqueira*. In: Hassui, Y.; Carneiro, C. D. R.; Almeida, F. F. M. & Bartorelli, A. (org.) *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 2012. p. 549-573.
- Guerra, A. J. T. & Marçal, M. (2006). *Geomorfologia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2015). Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em 05/02/2015.
- INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (2010). *O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: SEA; INEA.
- Isachenko, A. G. (1973). *Principles of Landscape Science and physical-geographic regionalization*. Melbourne: Melbourne University Press.
- Landau, E. C.; Cruz, R. K.; Hirsch, A.; Pimenta & Guimarães, D. P. (2012). *Variação geográfica do tamanho dos módulos fiscais no Brasil*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Perez Filho, A. (2007). *Sistemas Naturais e Geografia*. In: Silva, J. B.; Lima, L. C.; Elias, D. (org.). *Panorama da Geografia Brasileira*. São Paulo: *Annablume*, 2007, v. 01, p. 333-336.
- Prado, R. B.; Dantas, M. E.; Fidalgo, E. C. C.; Gonçalves, A. O.; Silveira, M. M. L.; Guimarães, P. V.; Ferraz, R. P. D.; Mansur, K. L. & Dourado, H. V. F. (2005). *Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do Rio Muriaé*. Rio de Janeiro, Embrapa.

- Reis, C. H. & Amorim, R. R. (2014). Uso de sensores remotos com diferentes resoluções espectrais para a caracterização do uso e ocupação das terras de áreas com risco à inundação dos municípios de Italva e Cardoso Moreira, Rio de Janeiro, Brasil. In: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. (org.). *Multidimensão e Territórios de Risco*. 1ed.Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014, v. 1, p. 123-128.
- Rodriguez, J. M. M. (1997). Planejamento Ambiental: bases conceituais, níveis e métodos. In: Cavalcanti, A. P. B. (org.). *Desenvolvimento Sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais*. Fortaleza: UFC, p. 9-26.
- Rodriguez, J. M. M.; Silva, E. V. & Cavantanti, A. (2004). *Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: EDUFC.
- Ross, J.L.S. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*. n. 6, p. 17-29p.
- Ross, J. L. S. (2003). *Geomorfologia aplicada aos EIA-RIMA*. In: Gueera, A. J. T.; Cunha, S. B. (org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. 4. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 291-336p.
- Ross, J. L. S. (2005). *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. São Paulo, Contexto.
- S2ID - SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (2015). Banco de dados e registro de desastres. Disponível em: <http://s2id.mi.gov.br>. Acesso em: 10/02/2015.
- Santos, A. R., Pelúzio, T. M. O. & Saito, N. M. (2010). *Spring 5.1.2: passo a passo: aplicações práticas*. Alegre-ES: CAUFES.
- Schueler, H. (1987). *Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs*. Washington, DC: Metropolitan Washington Council of Governments.
- Sochava, V. B. (1975a). Theoretical requisites for the mapping of the human habitat. *Soviet Geography*, v.16, n.2, p. 86-98.
- Sochava, V. B.; Krauklis, A. A. & Snytko, V. A. (1975b) Toward a unification of concepts and terms used in integral landscape investigations, *Soviet Geography*, v. 16, n. 9, p.616-622.
- Sochava, V. B. (1977). *O Estudo de Geossistemas. Métodos em questão*, 16. IG-USP. São Paulo.
- Sochava, V. B. (1978). Por uma teoria de classificação de Geossistemas de vida terrestre. *Biogeografia*. IG-USP. São Paulo.
- Sochava, V. B. (1971). *Geography and Ecology*. *Soviet Geography*, v. 12, n.5, p. 277-293.
- Tucci, C. E. M.; Porto R. L.; Barros, M. T. (1995). (org.) *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.
- Tucci, C. E. M. (2008). *Gestão integrada das águas urbanas*. REGA. *Revista de Gestão de Águas da América Latina*, v. 5, p. 71-80.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1977). *Nonpoint source-stream nutrient level relationships: a nationwide study*. Washington, DC., NTIS PB-276-2000.
- Vinogradov, B. V.; K. I. Gerenchuk, K. I.; Isachenko, A. G.; Raman, K. & Yu. N. Tsesel'chuk, Yu. N. (1962). *Basic Principles of Landscape Mapping*, *Soviet Geography*, London, v. 3, n. 6, p. 15-20, 1962.
- Tominaga, L. K.; Santoro, J.; Amaral, R. (2009). (org.) *Desastres Naturais: Conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico.