

Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais

*Aline Berto Faustino*¹

*Fernanda Faria Ramos*¹

*Sebastião Milton Pinheiro da Silva*²

Resumo

São apresentados resultados que mostram que ao longo do tempo a Bacia Hidrográfica do Rio Doce sofreu uma forte pressão imobiliária, com a expansão dos espaços construídos, que culminou com a redução da cobertura vegetal e a ampliação das áreas de impermeabilização dos solos. De acordo com a classificação da cena LANDSAT 1/MSS, em 1977, cerca de 23% da área da bacia era coberta por vegetação natural, densa, enquanto que na classificação da cena LANDSAT 7/ETM⁺ de 2001, esse valor diminuiu para 12% da área da bacia, configurando uma redução de 52,17% da cobertura vegetal no intervalo de tempo de 24 anos. A área de campos antropizados cresceu 11%, a de solo exposto aumentou 5%, enquanto que a superfície de lâminas d'água reduziu 2%. O desmatamento e a urbanização acelerada são problemas ambientais preocupantes na Bacia do Rio Doce.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Sensoriamento remoto; Uso e ocupação do solo.

Temporal dynamics of use and land cover in Rio Doce Basin (RN), based on remote sensing and GIS: a contribution to environmental studies

Abstract

The results shows that the study area has been facing over the time an intense pressure from real estate, due to urban expansion and extension of built-up areas, provoking significant reduction of vegetation cover and growing in soil sealing. In accordance to the classification of the scene LANDSAT 1/MSS of 1977, 23% of the area was at that time covered with natural and dense vegetation, while the classification of the LANDSAT 7/ETM⁺ scene of 2001, shows only 12% of natural vegetation, representing a decrease of 52,17% of the vegetation cover in 24 years. The anthropized field increased by 11%, the exposed soil increased by 5%, while the surfaces of exposed water tables were reduced by 2%. Therefore, deforestation and accelerated urbanization are the most serious environmental problems identified in the Rio Doce Basin.

Key words: Basins; Remote sensing; Land cover.

¹ Licenciada e Bacharel em Geografia pela UFRN. Discentes do Curso de Especialização em Geoprocessamento e Cartografia Digital. e-mail: alinebertow@gmail.com; nanda_framos@yahoo.com.br

² Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. e-mail: smpsilva@cchla.ufrn.br

Introdução

As primeiras cidades da história da humanidade surgiram no entorno de grandes rios, principais fontes naturais de recursos hídricos para o homem. Conforme esses recursos se esgotavam, devido à irregularidade do fluxo de água na superfície ou por qualquer outro motivo, os povos migravam em direção a outras terras, buscando água para a sua sobrevivência (FABER, 2011).

O processo de ocupação urbana praticado pelas sociedades modernas tem ocasionado sérios problemas ambientais, isso por meio da implantação de grandes espaços construídos para habitação como para ocupações diversas. Os espaços ocupados, bastante significativos em centros urbanos e regiões metropolitanas, são frutos do desmatamento de grandes áreas e resultam na impermeabilização dos solos, na poluição de lençóis freáticos e de lâminas d'água superficiais, no aumento de rejeitos sólidos, entre outros problemas ambientais, que provocam, em geral, danos à saúde humana. Por isso, a degradação ambiental se tornou muito comum nas cidades, especialmente naquelas cortadas por importantes cursos d'água e de acentuado crescimento econômico, crescendo consigo as funções, a população, a urbanização e os problemas de uso e ocupação dos solos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, regida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, estabelece as bacias hidrográficas como unidades de estudos, objetivando o planejamento ambiental, e assim determina algumas normas, por exemplo, para a gestão de recursos hídricos.

A bacia hidrográfica é uma unidade de paisagem físico-territorial importante para os estudos ambientais. Na bacia hidrográfica, todos os elementos pertencentes a ela como geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, clima e rios estão integrados e interligados, de tal maneira que alterações em quaisquer desses componentes podem revelar fragilidades e vulnerabilidades (ROSS, 1994; TAMANINI, 2008; KAWAKUBO, 2005; SCHNEIDER et al. 2011). Por isso que analisar o uso e a ocupação do solo nas bacias hidrográficas tem se mostrado uma das maneiras mais eficientes para a constatação de impactos no ambiente (BORGES, 2002; QUEIROZ, 2011).

Para Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia hidrográfica são muito importantes na compreensão do comportamento hidrológico, verificando as relações mantidas na unidade e comparando-se os dados obtidos.

A quantidade de água que atinge os cursos de águas fluviais numa bacia hidrográfica está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da

precipitação total e de seu regime, das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.102). Para o processo de infiltração, a vegetação exerce um papel determinante, na medida em que reduz a velocidade do escoamento superficial, propiciando a infiltração, que abastecerá os lençóis freáticos e os cursos d'água.

O mapeamento do uso e cobertura do solo é de grande importância, visto que o uso de forma não planejada degrada o meio ambiente. O mapeamento facilita a detecção de áreas exploradas de forma inadequada e, com sua localização precisa, promove a tomada de decisões pelos órgãos competentes encarregados da fiscalização (LOPES, 2008, p.127).

No universo dos mapeamentos, o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas são fundamentais para auxiliar na interpretação do espaço geográfico, e constituem ferramentas computacionais que propiciam gerar novas informações espaciais através da análise e representação do espaço ou dos fenômenos espaciais.

As técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação das terras, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica (VAEZA et al. 2010, p. 24).

Assim sendo, o tratamento e a geração de informações acerca do espaço por meio de técnicas de sensoriamento remoto é imprescindível para otimização de tempo e redução de custos em campo.

Chagas (1997), no seu estudo de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Doce, conclui seu trabalho monográfico afirmando que os aspectos físicos, sociais e econômicos encontram-se comprometidos pela interferência antrópica de moradores ribeirinhos, que as lagoas da bacia são utilizadas para irrigação de algumas culturas com utilização de agrotóxicos, e ainda que a mata ciliar foi gradativamente substituída pelos cultivos de horticultura e pela monocultura da cana-de-açúcar.

Lima (2005), esboça preocupação com os recursos hídricos desta bacia, apontando a ausência de saneamento básico e o recorrente problema dos esgotos clandestinos e de fossas sépticas como problemas ambientais graves na bacia.

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce vem enfrentando, nos últimos 40 anos, modificações ambientais significativas, resultantes do desmatamento e da rápida ocupação humana. Há demanda hídrica para abastecimento doméstico e industrial, problemas de erosão dos solos, de poluição da água por rejeitos industriais, entre outros

cenários, que justificam a realização deste estudo, pela relevância do planejamento territorial e da gestão de bacias hidrográficas.

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce exerce função muito importante para os seus habitantes, tanto para o desenvolvimento de atividades econômicas, como para questões de sustentabilidade. Na perspectiva do acima exposto, coube-nos levantar a discussão, propor e investigar sobre de que forma o uso do solo, a nível regional, se deu nesta bacia; quais os instrumentos de pesquisa que poderiam auxiliar na interpretação desse espaço geográfico e quais teriam sido as mudanças mais significativas que ocorreram no ambiente investigado.

Os objetivos preconizados para pesquisa foram, portanto, a análise e a caracterização das principais mudanças ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, com base em mapas de uso e cobertura do solo de duas datas distintas (1977 e 2001), elaborados a partir de técnicas de classificação de imagens multiespectrais de satélite, dados e entrevistas de campo.

Localização e fisiografia da área e estudo

A área de estudo está compreendida entre as coordenadas 05° 45' 49" S e 035° 38' 33" W. Gr. e 05° 38' 41" S e 035° 12' 15" W. Gr., perfazendo uma área total de 386 km² (Figura 1).

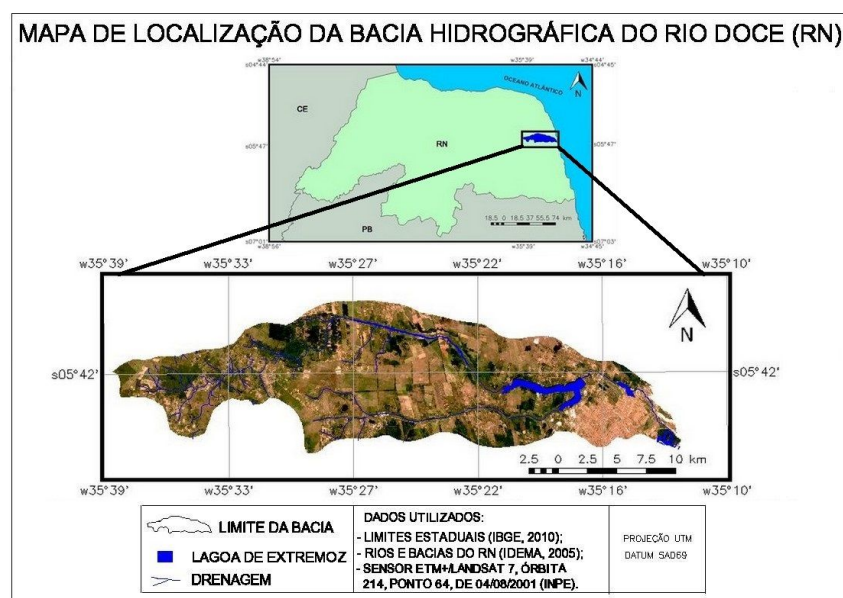


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

A Bacia do Rio Doce abrange os municípios de Ceará-Mirim, Extremoz, Ielmo Marinho, Natal, São Gonçalo do Amarante, Taipu, Poço Branco e Bento Fernandes (Figura 2).

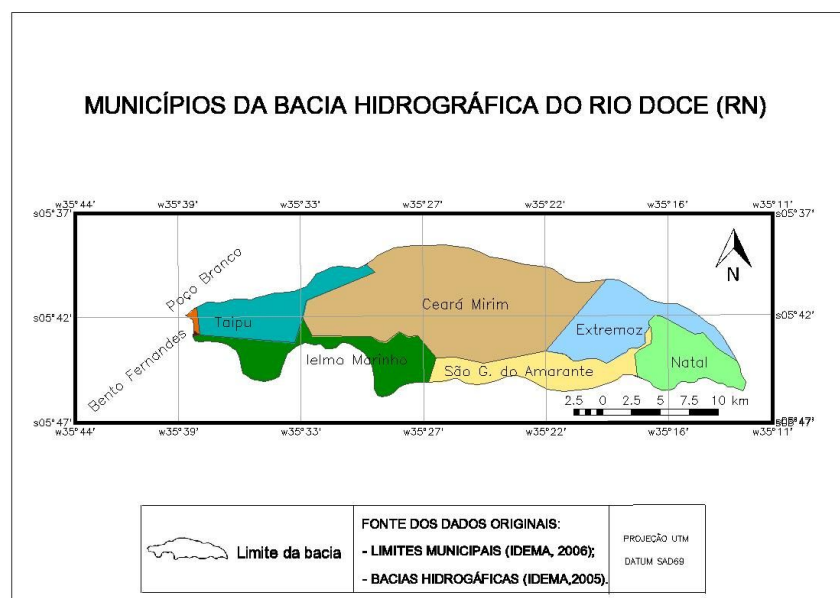


Figura 2 – Divisão administrativa da Bacia do Rio Doce.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As' - clima tropical com estação seca e predomínio de calor e umidade (SEMARH, 2009).

A geologia da área compreende: a oeste, as rochas cristalinas do Pré-cambriano (até o médio curso do rio) e, a leste, as rochas do Grupo Barreiras, representado por rochas sedimentares terciário-quaternárias e sedimentos quaternários. Quanto aos solos, predominam os litólicos eutróficos podzólicos, vermelho-amarelos eutróficos, e latossolo amarelo distrófico (SEMARH, 1998).

A Figura 3 mostra a distribuição das unidades geomorfológicas da bacia do Rio Doce. Nesta figura, observa-se que no extremo oeste da bacia predominam as unidades da Depressão Sertaneja; na porção central, os Tabuleiros de Formações Tabulares, com ocorrências isoladas de afloramento da Depressão Sertaneja; na faixa litorânea ocorrem dunas fixas e dunas móveis e a Planície Flúvio-Marinha, além da Planície de Inundação Fluvial, que preenche quase toda a extensão da bacia ao longo dos dois principais cursos d'água existentes.

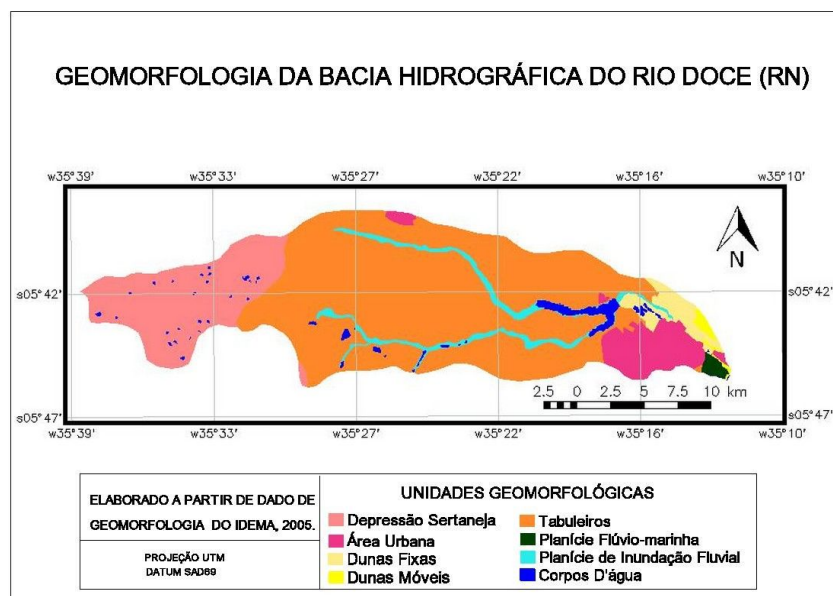


Figura 3 – Distribuição das Unidades Geomorfológicas na Bacia do Rio Doce.

Metodologia de trabalho

A modelagem e montagem do banco de dados geográficos, e todos os processamento dos dados foram executados com o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING (CÂMARA et. al. 1996), versão 5.2.3, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A modelagem compreendeu as categorias de dados cadastral, temático e modelo numérico do terreno (MNT). As imagens de satélite e as fotos aéreas foram modeladas como imagens no formato *raster*.

Na montagem do banco de dados, optou-se pelo sistema gerenciador de banco de dados SQLite. Foram adotados o sistema de projeção UTM e o Datum SAD69. Os arquivos vetoriais utilizados, compreendendo informações temáticas e territoriais básicas, foram obtidos em órgãos públicos, em formato digital, *shapefile*, posteriormente convertidos para o formato *.spg, que é o formato padrão do SPRING. Os arquivos *raster*, no formato *.geoTiff também foram convertidos para o padrão do SPRING. As informações territoriais básicas, compreendendo os limites da bacia, a divisão administrativa regional, a rede hidrográfica, o uso do solo, o clima e a cobertura vegetal foram obtidas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Instituto do Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) e no Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

Foram utilizadas imagens do sistema LANDSAT 7/ETM⁺, órbita 214, ponto 64, com passagem de 04 de agosto de 2001, com resolução espacial de 30 metros e do sensor LANDSAT 1/MSS, órbita 230, ponto 64, com passagem de 25 de junho de 1977, com resolução espacial de 80 metros. Ambas as cenas foram obtidas no *site* do INPE.

O pré-processamento das imagens envolveu correção geométrica e correção atmosférica, utilizando o método do pixel escuro, a fim de melhorar a qualidade da imagem e minimizar os efeitos da radiação espalhada pela atmosfera e captada pelos sensores (MENESES E ALMEIDA, 2013, MOREIRA, 2012). Numa segunda fase, aplicou-se técnicas de realce de contraste e de classificação de imagens, além de composições coloridas RGB. As composições coloridas são: 3R-2G-1B da imagem do sensor LANDSAT 7/ETM⁺ e 7R-5G-4B da imagem do LANDSAT 1/MSS. A técnica de classificação utilizada foi a classificação supervisionada pixel a pixel, com uso do algoritmo de Máxima Verossimilhança – MAXVER (CÂMARA et al 1996) e com 99% de limiar de aceitação. Para a classificação e elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo teve-se que determinar temas ou classes e selecionar amostras para treinamento dos dados. Foram selecionados os temas: área urbana, mangue, corpo d'água, corpo d'água 1, solo exposto, vegetação densa, campo antropizado e dunas. O critério de utilização das amostras observou a textura, a forma e a reflexão dos alvos, em termos de nível de cinza. Os temas foram determinados a partir da associação das características físicas da área de estudos com as imagens utilizadas, com o mapa de uso do solo obtido do IDEMA, além dos dados, observações e informações de campo para fins de avaliação e validação dos dados e dos processos e técnicas empregadas.

Para verificar o nível de aceitação da classificação das imagens de satélite foi utilizado o índice Kappa (K), cujos valores abaixo de 0,4 são caracterizados como pobres, de 0,4 a 0,8 são razoáveis, e acima de 0,8, excelentes (SANTOS et al., 2010; MOREIRA, 2012).

Resultados

A Figura 4 mostra o mapa de uso e cobertura do solo obtido a partir da classificação da imagem LANDSAT 1/MSS de 1977. Foram individualizados 6 temas. Neste mapa de uso e cobertura do solo tem destaque a extensão da área ocupada por vegetação, seguida dos campos antropizados, caracterizados por remanescentes de vegetação, vegetação esparsa e áreas de solos agricultáveis. Outros temas, como solo exposto, dunas e água aparecem em pontos e locais dispersos por toda a bacia. Na

época do imageamento já existiam, no extremo leste da bacia, algumas ocupações e demarcações de conjuntos habitacionais na região administrativa atualmente conhecida como Zona Norte de Natal. Contudo, a baixa resolução espacial de 80 metros das imagens LANDSAT 1/MSS não possibilitou individualizar essas ocupações. Não havia um adensamento delas, em termos de área urbana, de modo que não há na imagem uma resposta espectral diferenciada de níveis de cinza relacionada com essas ocupações. Também houve a necessidade de criação de um tema à parte para os corpos d'água, denominado de corpo d'água 1. As maiores extensões de lâminas d'água aparecem escuras, devido à absorção da radiação do infravermelho pela água, que é o comportamento espectral esperado para este tipo de alvo. Contudo, dentro de um mesmo corpo d'água aparecem níveis de cinza mais claros, evidenciando a suposta presença localizada de sedimentos em suspensão (águas turvas). O aumento na concentração de sólidos em suspensão na água eleva o seu nível de reflexão na região do verde, em direção ao infravermelho próximo (NOVO, 1989). A ocorrência de níveis de cinza mais claros sobre corpos d'água da bacia do Rio Doce também pode ser observada, nessa mesma cena MSS, em outros tributários da região, como no rio Potengi, fora da área de estudos.

De acordo com a análise das amostras adquiridas, obteve-se o desempenho médio de 96%, abstenção média de 0%, confusão média de 4%. Para a estatística Kappa, o valor do índice de aceitação obtido foi de 91.58%.

A Figura 5 mostra o mapa de uso e cobertura do solo com base na classificação da imagem LANDSAT 7/ETM⁺ do ano de 2001. Foram classificados 7 (sete) temas, incluindo-se amostras das áreas urbanas e de mangue. Os resultados mostraram que a prática da agricultura toma conta de toda a extensão da bacia. Em relação ao uso pela atividade agrícola, foram observadas áreas agricultáveis próximos aos cursos do rio. É necessário ressaltar que a sustentação dessa atividade primária é possibilitada pelo clima com características de sub-úmido e pelo plantio em áreas de melhores solos e de maior disponibilidade de recursos hídricos. Parte significativa da área da bacia também tem, nesta mesma época, características de campos antropizados.

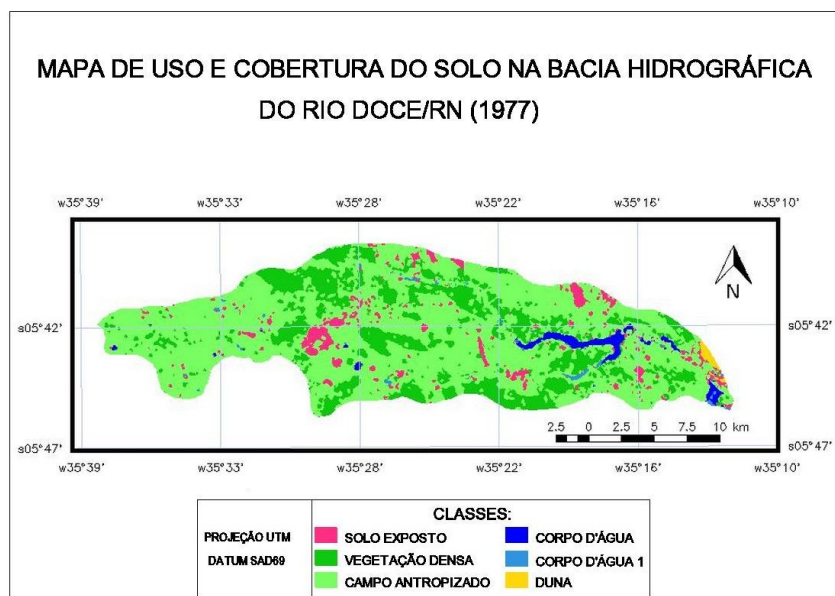


Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação da Bacia do Rio Doce (1977).

Outra informação importante fornecida pela imagem de 2001 está relacionada com a extensão da área urbana no ponto mais a jusante do Rio Doce. A área urbana chega a representar 7% do total das classes mapeadas. São adensamentos urbanos perceptíveis a leste da bacia, onde se concentra a Zona Norte de Natal (RMN) e, secundariamente, ao norte da Lagoa de Extremoz, próximo do sangradouro da lagoa (Figura 5).

Ainda verificou-se que, de 1977 até 2001, houve um aumento expressivo de solo exposto, devido ao desmatamento e a ocupação humana em vários locais da bacia.

O desempenho médio da análise das amostras foi de 94.44%, confusão média de 0.56% e abstenção média de 5.00%. O índice de aceitação pela estatística Kappa foi de 89.88%.

A Figura 6 mostra dois gráficos com valores em porcentagem, obtidos a partir da classificação de cada tema nas imagens de 1977 e de 2001. Nesta figura, observa-se que na classificação de 1977, cerca de 23% da área da bacia correspondia à vegetação densa, enquanto esse percentual de cobertura vegetal cai para 12% em 2001. Houve, portanto, uma diminuição de 52,17% da área da cobertura vegetal no intervalo de tempo de 24 anos. O campo antropizado, que em 1977 representava 68% da área, aumentou em 3%, passando a ocupar 71% da área total da bacia. O solo exposto, que antes ocupava 6%, passou a ocupar 7% da área total da bacia. Os corpos d'água (água e água

1), que em 1977 representavam 3% da área, foram reduzidos em 2 pontos percentuais, já que em 2001 o valor obtido foi de 1%.

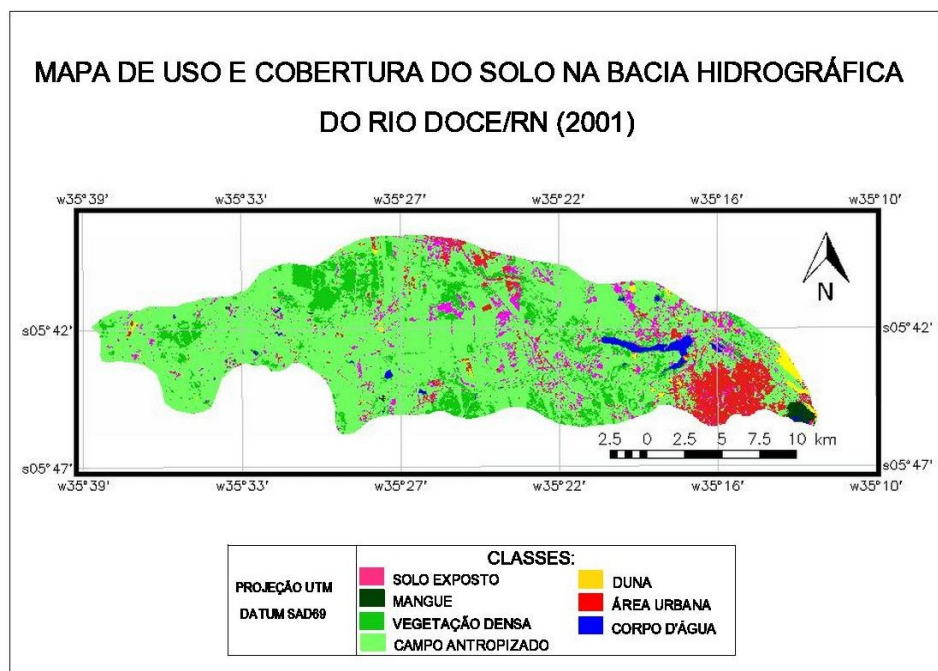


Figura 5 – Mapa de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Doce em 2001.

USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE/RN POR ÁREA (km²)

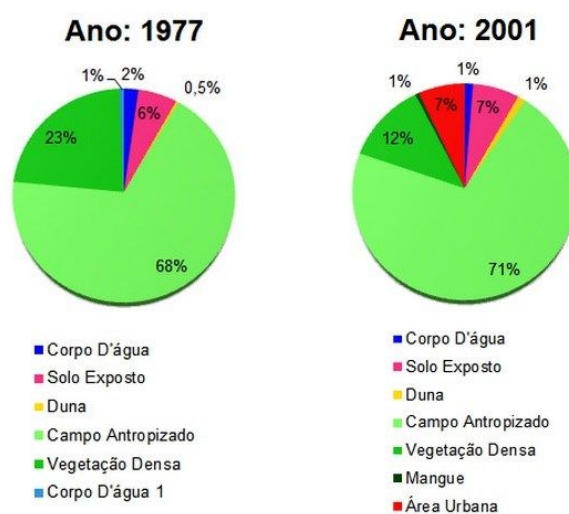


Figura 6 – Variações na porcentagem de temas mapeados na Bacia do Rio doce, com base nas imagens LANDSAT 1/MSS de 1977 e LANDSAT 7/ETM⁺ de 2001.

Conclusões

De acordo com os resultados alcançados, pode-se concluir que houve transformações significativas na Bacia do Rio Doce no intervalo de tempo de 24 anos. Essas transformações ocorreram principalmente na densidade e padrão da cobertura de vegetação natural. A cobertura vegetal mais densa e exuberante deu lugar aos campos agricultáveis, às áreas urbanizadas e aos solos expostos, evidenciados pelas diferenças em área nos mapas de uso e cobertura do solo de 1977 e de 2001, mostrados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Em 2001, o solo exposto aparece em todos os espaços da bacia, constituindo um cenário preocupante. O desmatamento foi o fator que contribuiu decisivamente para a exposição dos solos aos agentes erosivos. A ocupação urbana da Zona Norte de Natal se deu de modo acelerado, configurando uma grande mancha a leste da bacia.

Os resultados demonstram a importância de estudos baseados em sensoriamento remoto de bacias hidrográficas, como suporte a diagnósticos físicos territoriais para fins de planejamento e de gestão de bacias hidrográficas, bem como para entender os processos e mudanças significativas ocorridas no ambiente.

Referências

BORGES, Aldan Nóbrega. **Implicações Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu (RN) Decorrentes de Diversas Formas de Uso e Ocupação do Solo**. 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, UFRN, Natal – RN.

CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo. Cartaxo Modesto; FREITAS, Ubirajara. Moura de, GARRIDO, Juan. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. Versão 5.3. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em 15 Jun. 2013.

CHAGAS, Livia Maria Franco das. **Caracterização do Uso e Ocupação da Bacia do Rio Doce/RN**. 1997. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, UFRN, Natal – RN.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed., São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1980.

FABER, Marcos. **A importância dos rios para as primeiras civilizações**. Vol. 2. 1ª Edição, História Ilustrada, 2011.

FERREIRA, Marcos Cesar; MORETI, Edmar. Um Indicador de Degradação de Bacias Hidrográficas obtido a partir de Modelos Digitais do Terreno e Dados Orbitais em Ambiente de Geoprocessamento. In: **Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 549-560.

IBGE. Manuais Técnicos em Geociências número 7. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006.

IDEMA. Banco de Dados Geográficos. **Bacias e estuários - RN**, Escala:1:100.000, 2007. CDROM.

_____. Banco de Dados Geográficos. **Limites municipais - RN**, Escala:1:100.000, 2005. CDROM.

_____. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Banco de Dados Geográficos. **Geomorfologia - RN**, Escala:1:100.000, 2005. CDROM.

INPE. [Imagem LANDSAT 2 - MSS órbita 230 ponto 064 de 25/06/1977. Catálogo de Imagens.](http://www.dgi.inpe.br/CDSR/manage.php?INDICE=L2MSS2306419770625&DONTSHOW=0) Disponível em:<<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/manage.php?INDICE=L2MSS2306419770625&DONTSHOW=0>>. Acesso em 23 jul. 2013.

_____. **Imagem LANDSAT 7 - ETM+ órbita 214 ponto 064 de 04/08/2001**. Catálogo de Imagens. Disponível em:<<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/manage.php?INDICE=L7ETM21406420010804&DONTSHOW=0>>. Acesso em 23 jul. 2013.

KAWAKUBO, Fernando; Shinji; MORATO, Rubia Gomes; CAMPOS, Kleber Cavaça; LUCHIARI, Ailton; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210.

LIMA, Maria das Graças Lima. **Caracterização da Bacia do Rio Doce, Natal/RN**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, UFRN, Natal – RN.

LOPES, Luís Henrique Moreira. Uso e Cobertura do Solo no Município de Tailândia-PA Utilizando o TM/LANDSAT e Técnica de Classificação Não-Supervisionada. **ENGEVISTA**, v. 10, nº 2, p. 126-132, dez. 2008.

MENESES, Paulo Roberto, ALMEIDA, Tati de. (org.) **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1ª Ed. Brasília: UNB/CNPQ, 2012.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

MIRANDA, Evaristo Eduardo de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 21 jun. 2013.

NOVO, Evelyn M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1989.

PONZONI, Flávio Jorge, SHIMABUKURO, Yosio. Edemir, KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de Textos, 2012.

QUEIROZ, Fabio Luiz Leonel. **Aspectos da Dinâmica Hidrossedimentológica e do Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Córrego Arapuá (MS)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação, UFMS, Três Lagoas – MS.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**. V.8, p.63-74. 1994.

SANTOS, Alexandre Rosa dos; PELUZIOM, Telma Machado de Oliveira; SAITO, Nathália Suemi. **SPRING 5.1.2 Passo a Passo: Aplicações Práticas**. Alegre, ES: CAUFES, 2010.

SCHNEIDER, Vailson. **Mapeamento Geomorfológico e Zoneamento Ambiental de Fragilidade na Bacia Hidrográfica do Rio Barra Seca – Espírito Santo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação e Geografia, UFES, Vitória – ES.

SERHID - Secretaria dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. **Comitê de Bacias Hidrográficas**. Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos, 2001. Disponível em <<http://www.cbh.gov.br/Legislacao.aspx>>. Acesso em 13 out. 2012.

SISTEMA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei Federal 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>>. Acesso em 09 Out. 2012.

TAMANINI, Maria do Socorro Alves. **Diagnóstico Físico - Ambiental para Determinação da Fragilidade Potencial e Emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, UFPR, Curitiba - PR.

TONELLO, Kelly Cristina. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, UFV, Viçosa – MG.

VAEZA, Rafael Franco; OLIVEIRA FILHO; Paulo Costa de; MAIA, Adelena Gonçalves; DISPERATI, Atilio Antonio. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, nº 1, p. 23–29, jan/jun. 2010.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw–Hill do Brasil, 1975.

Recebido em Maio de 2014.

Publicado em Junho de 2014.