



## VI-036 - MODELAGEM ESPACIAL E TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO DOCE NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**Aurélio Azevedo Barreto-Neto<sup>(1)</sup>**

Graduação em Engenharia de Minas pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestrado em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Doutorado em Ciências pela UNICAMP. Coordenador e Professor do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Pesquisador do Grupo de Estudos em Modelagem Ambiental (GEMA) .

**Jonas William Gomes e Silva**

Graduado em Tecnologia de Saneamento Ambiental pelo IFES.

**José Antônio Tosta dos Reis**

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestrado em Engenharia Ambiental (UFES). Doutor em Hidráulica e Saneamento (USP). Professor do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) e pesquisador do Grupo de Estudos em Modelagem Ambiental (GEMA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Vitória , 1729 - Jucutuquara - Vitória - ES - CEP: 29040-780 - Brasil - Tel: (27) 3331-2237 e-mail: [aurelio@ifes.edu.br](mailto:aurelio@ifes.edu.br)

### RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce apresenta uma extensão territorial de 86.400 km<sup>2</sup>, sendo que 86% pertencem ao estado de Minas Gerais e 14% ao estado do Espírito Santo. A ocupação desordenada de sua área territorial restringiu o revestimento florestal original em alguns fragmentos e em algumas áreas de reservas florestais protegidas, presentes em Minas Gerais e no estado Espírito Santo. O presente trabalho realizou um mapeamento espacial e temporal do uso e ocupação do solo na referida bacia para os anos de 1987, 1997 e 2007, utilizando imagens do satélite Landsat TM, no qual as cenas passaram por um processo de mosaicagem, interpretação visual e reclassificação, objetivando analisar a dinâmica ambiental destas mudanças, bem como desenvolver mapas de uso e ocupação do solo para a área e quantificar a cobertura vegetal da bacia. Foram constatadas mudanças mais expressivas no que diz respeito à supressão de vegetação em volta dos núcleos urbanos de Colatina e Baixo Guandu e na parte sul da bacia. A área total suprimida em 30 anos na porção capixaba da bacia do Rio Doce foi de 271,2 Km<sup>2</sup>. Este conhecimento é importante, pois auxiliará na elaboração de propostas que minimizem a degradação ambiental na bacia, bem como a previsão e quantificação dessa degradação para futuros cenários de uso e ocupação do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia do Rio Doce; Mapa de uso do solo; Sensoriamento Remoto

### INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio Doce apresenta uma extensão territorial de 83.400 km<sup>2</sup>, dos quais 86% pertencem ao estado de Minas Gerais e 14% ao estado do Espírito Santo. A bacia abrange as áreas de 228 municípios, sendo 202 em Minas Gerais e 26 no Espírito Santo, estes últimos possuem um total de 739.403 habitantes (IBGE, 2000), quase um quarto da população capixaba.

A economia da bacia do Rio Doce está baseada principalmente nas atividades de agricultura (fruticultura, café, cana-de-açúcar, cacau, eucalipto), pecuária de leite e corte, suinocultura, hortifrutigranjeiros, indústrias (siderurgia, metalurgia, mecânica, química, alimentícia, álcool, têxtil, curtume, papel e celulose), mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, rochas calcárias, granitos e pedras preciosas) e geração de energia (capacidade de geração de cerca de 4.055 MW).

Originalmente a bacia era coberta por Mata Atlântica, e fitogeograficamente de acordo com o IBGE (1987, *apud* IPEMA, 2004) apresentou como cobertura vegetal a Floresta Ombrófila Densa em quase toda a totalidade territorial da bacia e algumas áreas de savanas na Reserva Florestal da Vale do Rio Doce. Rolim et al (2006) destaca a Floresta Estacional Semidecidual na planície aluvial do Rio Doce. Na região costeira a bacia apresenta ainda diversas feições morfológicas, como dunas, mangues, estuários, bacias e recifes (SEAMA, 1998 *apud* Ipeema, 2004).



Atualmente é observada na bacia a existência de uma cobertura vegetal constituída por pastos e capoeiras em estado avançado de desertificação, com vegetação secundária em estado de sucessão ecológica, lagoas eutrofizadas, nascentes desprotegidas e processos erosivos (Fonseca, 1985), demonstrando a predominância da atividade pecuária.

A intensa devastação restringiu o revestimento florístico original basicamente à área do Parque Estadual do Rio Doce em Minas Gerais. Sendo que no Estado a bacia apresenta como unidades de conservação em nível federal a Reserva Biológica de Sooretama e de Comboios, além do Parque Nacional dos Pontões capixabas nos municípios de Pancas e Águia Branca. As florestas plantadas, constituídas principalmente por espécies do gênero *Eucaliptus*, ocupam principalmente o médio Rio Doce. Na planície aluvial observa-se o cultivo de cacau em cujas suas matas abrangem cerca de 80% de sua área (Rolim et al, 2006).

Uma análise dos processos de ocupação e crescimento econômico da bacia do Rio Doce, concentrados principalmente nos últimos 50 anos, mostra que se estabeleceram de uma forma totalmente desordenada, sem levar em conta os possíveis reflexos futuros. A erosão se tornou um dos maiores problemas ambientais da bacia do Rio Doce que forma vastas áreas assoreadas em seu leito. Os sólidos suspensos e o lixo em suas águas têm causado sérios danos ambientais em seu estuário, região de desova da tartaruga marinha, monitorada pelo projeto Tamar.

Esta pesquisa foi realizada com o auxílio do Sensoriamento Remoto, ciência que se dedica a compreender, medir e interpretar como cada objeto se apresenta na superfície terrestre, em função de sua constituição e composição (Souza Filho e Crosta, 2003) e Sistemas de Informações Geográficas, sistemas baseados em computador, usados para armazenar, manipular, analisar, recuperar, modelar e visualizar informações geográficas (Burrough e McDonnel, 1998)

O objetivo deste trabalho foi realizar uma modelagem espacial e temporal das mudanças de uso e ocupação do solo ocorridas na bacia hidrográfica do Rio Doce, no estado do Espírito Santo, utilizando sensoriamento remoto, considerando o período de 1987 a 2007.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram doze (12) imagens de satélite adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O critério de escolha das imagens foi a menor quantidade de cobertura de nuvens na região, pois a mesma afeta a identificação e visualização da superfície imageada. Para o Processamento digital das imagens de satélite foi utilizado o software ENVI (Environmental for Visualizing Images). Na Tabela 1, são apresentados os pontos e órbitas das imagens escolhidas, bem como sua data de geração (data em que o satélite registrou a cena).

**Tabela 1: Ponto/órbita e data das imagens de satélite selecionadas junto ao INPE**

Ano	Ponto/órbita	Data
1987		
	215/74	28/07/1987
	216/74	01/06/1987
	215/73	17/01/1987
	216/73	02/05/1988
1997		
	215/74	05/06/1997
	216/74	27/05/1997
	215/73	05/06/1997
	216/73	11/07/1996
2007		
	215/74	30/04/2007
	216/74	27/08/2007
	215/73	11/04/2006
	216/73	27/08/2007

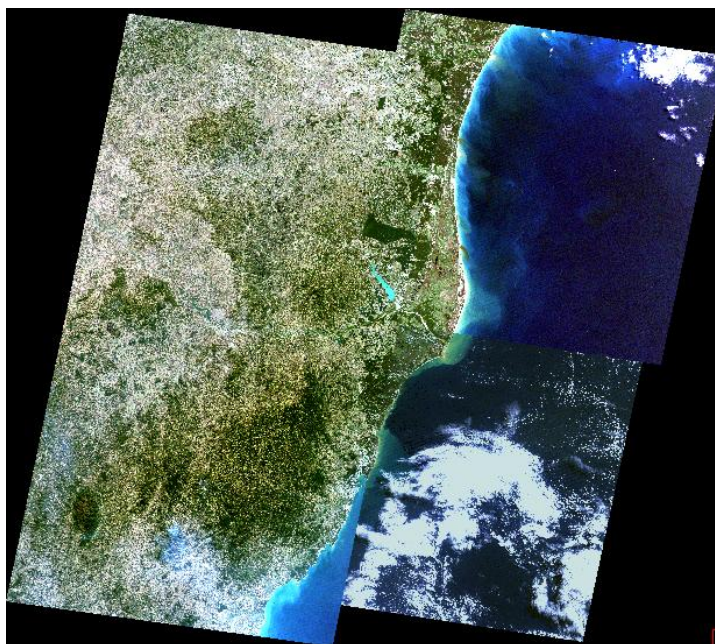


### 3.2 Método

A metodologia utilizada neste trabalho encontra-se descrito a seguir.

A primeira etapa foi realizar o georeferenciamento das 12 imagens de satélite utilizando a base topográfica e dados referentes à bacia, obtidos através de base cartográfica da área em questão.

Após o georeferenciamento foram desenvolvidos três mosaicos com as 04 imagens de satélite para os anos de 1987, 1997 e 2007 (Figura 1). Vale salientar que a bacia do Rio Doce no estado do Espírito Santo está disposta em quatro imagens do satélite Landsat TM.



**Figura 1: Resultado da operação de mosaicagem de quatro imagens de satélite para o ano de 2007.**

Em seguida foi realizada uma composição de bandas coloridas em RGB. A composição de bandas escolhida foi a R3, G2 e B1, a qual apresenta a composição natural das cores dos alvos na superfície terrestre. A justificativa da escolha de tal composição foi a maior facilidade da atividade de interpretação visual das imagens de satélite, permitindo uma maior diferenciação entre as classes escolhidas para o estudo.

Na próxima etapa realizou-se uma classificação supervisionada nas composições das imagens. O ENVI trabalha com oito tipos de classificação de imagens de satélite, sendo duas caracterizadas como não supervisionadas e as demais como supervisionadas. A mais adequada para a pesquisa foi a classificação supervisionada denominada de classificação pelo método da máxima verossimilhança. De todos os testes realizados com todos os tipos de classificação esta foi a única que apresentou o resultado mais adequado.

Para a aplicação de tal método foram selecionadas diversas regiões de interesse relacionadas às oito classes escolhidas para a reclassificação da imagem. Foram utilizadas algumas cenas do Google Earth para auxiliar na interpretação visual das imagens, pois algumas cenas apresentam uma melhor resolução espacial, facilitando assim a escolha das regiões de interesse.

As classes definidas foram:

- Lagos – determinando toda a região lacustre da bacia.
- Cobertura Florestal – onde foram definidas as vegetações mais densas, bem como as florestas plantadas. É importante frisar que não foi possível a diferenciação na classificação entre florestas plantadas e florestas nativas.
- Uso agropastoril e outros – Nesta classe foram identificados e classificados os usos do solo para agricultura, com zonas de cultivo e pastagem, dentre outros usos, todos mesclados em uma só classe.
- Solo Exposto – Solo sem cobertura Vegetal

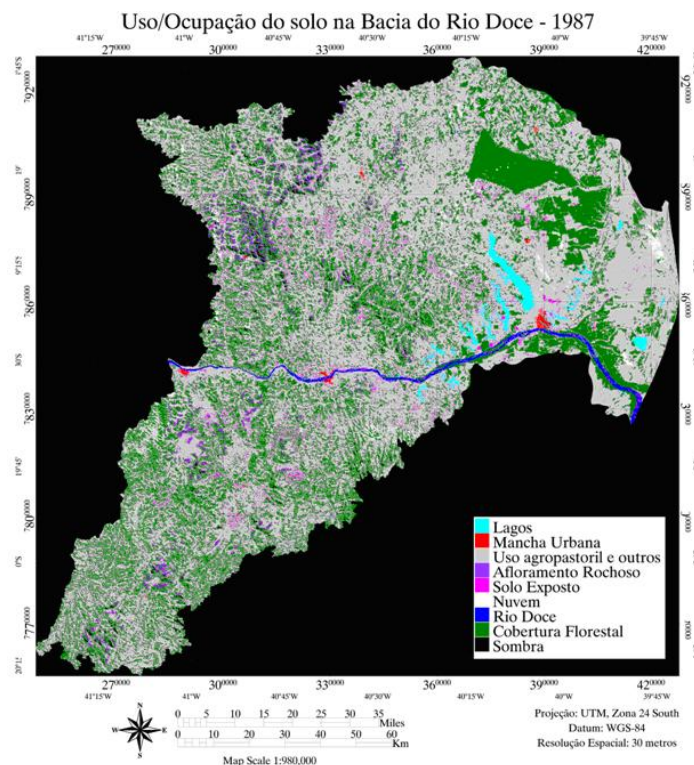


- Nuvem – Classe que indica a presença de nuvens.
- Sombra – Sombra devido a variação da elevação do terreno.
- Afloramentos rochosos – Presença de afloramentos rochosos na delimitação da bacia.
- Mancha Urbana – Esta classe apresentou grande parte dos núcleos urbanos pertencentes à bacia.

Realizada a classificação supervisionada foi feito o corte e seleção da área referente a bacia do Rio Doce, foco do estudo. Para cada mosaico foi delimitada a área da bacia utilizando uma máscara do limite geográfico da bacia e realizado as interpretações e análises dos mapas de uso e ocupação do solo, gerados. Nesta fase foram discutidas e quantificadas as mudanças ocorridas no uso do solo, principalmente a cobertura vegetal.

## RESULTADOS

Os mapas gerados e editados estão apresentados nas Figuras 2, 3 e 4, para os anos de 1987, 1997 e 2007, respectivamente.



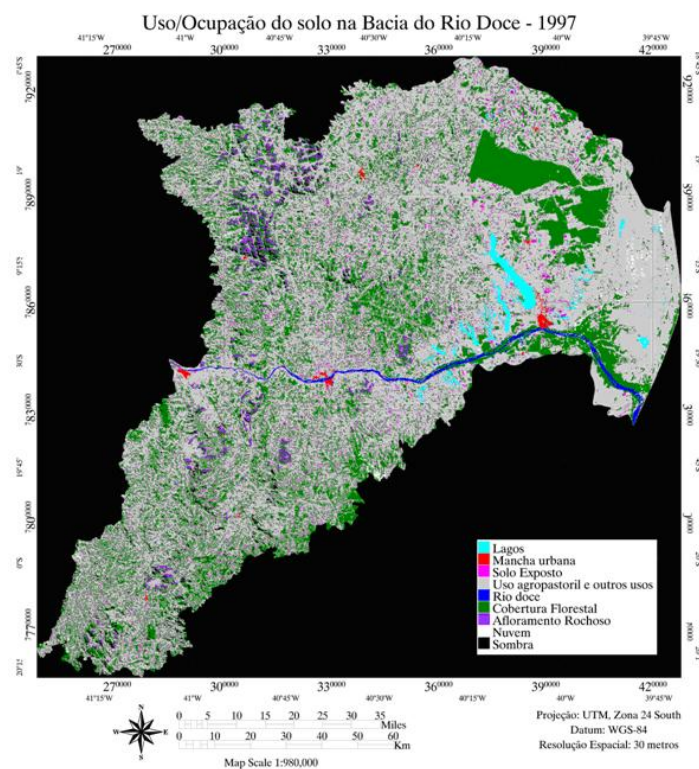
**Figura 2: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Doce referente ao ano de 1987.**

Com a ferramenta “Estatística de classe” do ENVI, foi calculada a área de cada classe do mapa de uso e ocupação do solo, apresentadas a seguir.

Para o ano de 1987:

- Uso Agropastoril e outros: Área da bacia com uso agropastoril e outros: 9.170,89 Km<sup>2</sup>.
- Solo Exposto: Área da bacia com solo exposto: 165,83 Km<sup>2</sup>
- Cobertura florestal: Área da bacia com cobertura florestal: 4.844,72 Km<sup>2</sup>
- Mancha Urbana: A Área da bacia coberta por núcleos urbanos é: 23,47 Km<sup>2</sup>.

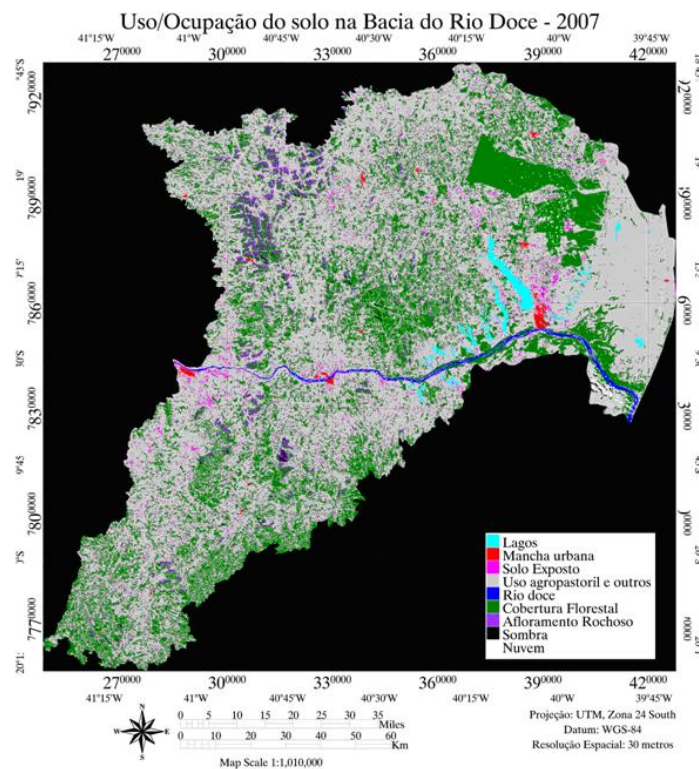




**Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Doce para o ano de 1997.**

Para o ano de 1997, as áreas calculadas estão apresentadas a seguir:

- Uso Agropastoril e outros: Área da bacia com uso agropastoril e outros: 9.250,99 Km<sup>2</sup>.
- Solo Exposto: Área da bacia com solo exposto: 198,25 Km<sup>2</sup>
- Cobertura florestal: Área da bacia com cobertura florestal: 4.628,08 Km<sup>2</sup>
- Mancha Urbana: A Área da bacia coberta por núcleos urbanos é: 33,38 Km<sup>2</sup>.



**Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Doce para o ano de 2007.**

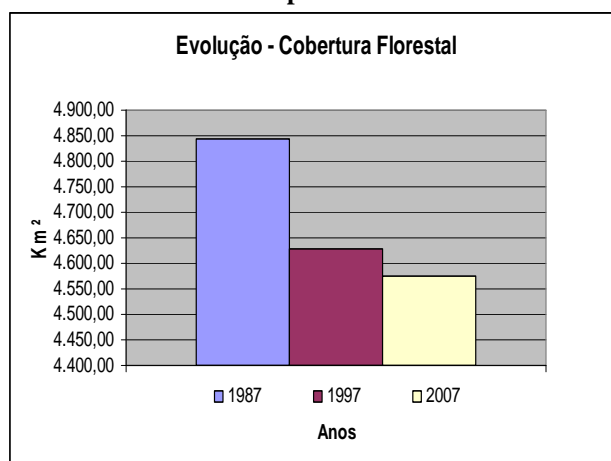


Para o ano de 2007, as áreas calculadas estão apresentadas a seguir:

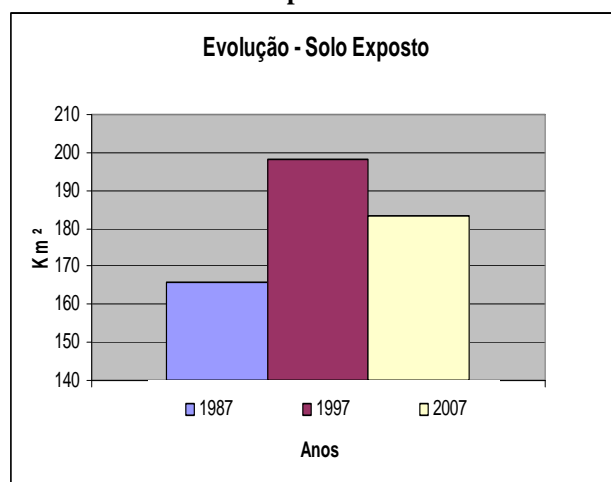
- Uso Agropastoril e outros: Área da bacia com uso agropastoril e outros: 9.532,38 Km<sup>2</sup>.
- Solo Exposto: Área da bacia com solo exposto: 183,30 Km<sup>2</sup>
- Cobertura florestal: Área da bacia com cobertura florestal: 4.573,52 Km<sup>2</sup>
- Mancha Urbana: A Área da bacia coberta por núcleos urbanos é: 43,26 Km<sup>2</sup>.

Para uma melhor visualização e análise dos dados calculados e referentes às mudanças ocorridas na bacia do Rio Doce, foram gerados os gráficos apresentados nos Gráficos 1 2 3 e 4.

**Gráfico 1: Representa a Evolução da presença de cobertura florestal na bacia do Rio doce na porção capixaba.**

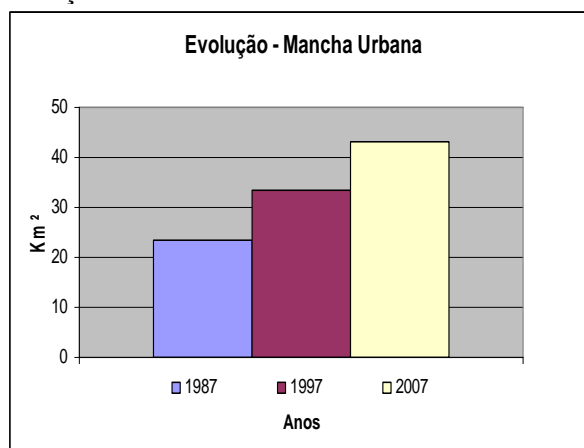


**Gráfico 2: Representa a Evolução da presença de solo exposto na bacia do Rio doce na porção capixaba.**

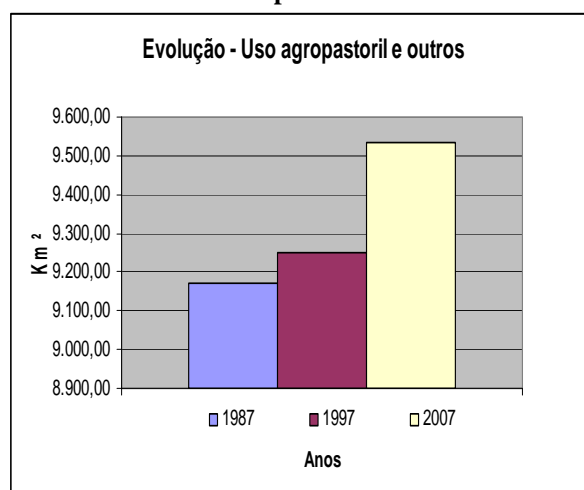




**Gráfico 3: Representa a Evolução do uso de núcleos urbanos na bacia do Rio doce na porção capixaba.**



**Gráfico 4: Representa a Evolução do uso do uso agropastoril e outros na bacia do Rio doce na porção capixaba.**



Com relação à presença de cobertura florestal na bacia, observou-se uma supressão da vegetação, com redução de 271,2 Km², ou seja, 5,6 % do total referente ao ano de 1987.

Do ano de 1987 para o ano de 1997 observou-se uma maior supressão de vegetação, ao passo que do ano de 1997 para o ano de 2007 essa redução foi menos intensa.

Grande parte da vegetação suprimida foi para originar regiões para pastagem. Destaca-se a supressão em volta dos núcleos urbanos de Colatina e Baixo Guandu e na parte sul da bacia. É considerável a presença de florestas plantadas do gênero *Eucalyptus* na região ao entorno da Reserva de Sooretama. Ressalta-se que a Empresa de celulose implantada no estado do Espírito Santo, iniciou suas atividades de fomento florestal na região do entorno da reserva de Sooretama a partir do ano de 1997.

## CONCLUSÕES

A diminuição de áreas de cobertura florestal, o aumento nos usos agrícola e pastoril, a evolução das manchas urbanas e até o surgimento de novos municípios na região estudada, demonstram um aumento no desenvolvimento da área, sendo que as atividades de gestão de gerenciamento de bacias e microbacias hidrográficas, devem acompanhar este ritmo de desenvolvimento com vistas à proteção dos recursos naturais existentes na bacia do Rio Doce.



Com os aspectos observados neste trabalho, como diminuição da cobertura florestal, aumento dos núcleos populacionais e das áreas de pastagens, constatou-se que a bacia do Rio Doce precisa de adequada atenção dos órgãos públicos competentes, bem como dos respectivos comitês de bacias hidrográficas. Faz-se necessário que as atividades de manejo sustentável de bacias hidrográficas aliem o desenvolvimento econômico ao desenvolvimento humano, cultural e ambiental.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, England, 336p. 1998.
2. FONSECA, G.A.B., 1985. The vanishing Brazilian Atlantic forest. Biological Conservation, n.34, p. 17-34.
3. IBGE, 2000. Censo demográfico. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em 07 de julho de 2006.
4. IPEMA - Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, 2004 Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: Cobertura florestal, unidades de conservação e fauna ameaçada (Programa Centros para a Conservação da Biodiversidade – Conservação Internacional do Brasil). IPEMA - Vitória – ES. 112 p.
5. ROLIM, S.G, IVANAUSKAS, N.M., RODRIGUES, R.R., NASCIMENTO, M.T., GOMES, J.M.L., FOLIL, D.A., COUTO, H.T.Z., 2006. Composição Florística do estrato arbóreo da Floresta Estacional Semidecidual na Planície Aluvial do rio Doce, Linhares, ES, Brasil. Acta bot. Bras. n. 20, p. 549-561.
6. SOUZA FILHO, C. R., CRÓSTA, A. P.. Geotecnologias aplicadas à Geologia. Revista Brasileira de Geociências, n.33(2), p.1-4., 2003