

SITUAÇÃO HÍDRICO-GEOMORFOLÓGICA DA BACIA DO RIO DOCE COM BASE NOS DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÕES DA ESTAÇÃO DE COLATINA - ES

André Luiz Nascentes Coelho

Doutorando no Departamento de Geografia pela UFF

andré.ufes@bol.com.br

RESUMO

Este estudo tem como propósito principal realizar uma análise da situação hídrica e geomorfológica do rio Doce com base nos dados da série histórica de vazões da estação fluviométrica de Colatina no estado do Espírito Santo. A partir dos dados analisados entre 1938 a 2005, complementados com trabalhos de campo, constatou-se um decréscimo de vazão expressivo decorrente de uma série de intervenções, das quais destaca-se: o uso inadequado do solo a exemplo dos desmatamentos, prática de monoculturas, usos descontrolado da água, potencializados com a construção de reservatórios para fornecimento de energia elétrica, levando a um desequilíbrio do sistema fluvial e em expressivas mudanças na morfologia do canal. Outro propósito da pesquisa é ressaltar a importância do método de medição de descarga diária e mensal como um dos instrumentos eficientes na gestão da bacia.

Palavras chaves: Rio Doce, Vazões, Barragens, Desequilíbrio fluvial, Gestão de bacias

GEOMORPHOLOGIC SITUATION OF THE DOCE RIVER BASED ON THE DATA OF THE HISTORICAL SERIES OF DEBIT OF THE HYDROMETEOROLOGY STATION OF COLATINA IN ESPÍRITO SANTO STATE - BRAZIL

ABSTRACT

This study has as its main purpose to accomplish an analysis of the water resources and geomorphologic situation of the Doce river with based on the data of the historical series of debit of the gauging site station of Colatina in Espírito Santo state. Starting from the data analyzed among 1938 to 2005, complemented with field works, a decline of expressive debit was verified due to a series of interventions, among them: the inadequate use of the soil to example of the deforestations, practice of monocultures, abandoned uses of the water, abandoned with the construction of reservoirs for electric power supply, taking one of the fluvial system and in expressive changes in the morphology of the channel. Another purpose of the research is to point out the importance of the method of daily and monthly discharge measurement of as one of the efficient instruments in the administration of the basin.

Key-words: Doce River, Dams/Barrages, Fluvial unbalance, Administration of basins

INTRODUÇÃO

As águas constituem os agentes mais importantes no transporte de materiais intemperizados das áreas mais elevadas para as baixas em um determinado sistema de drenagem ou bacia hidrografia. Esta dinâmica só é possível a partir da atuação de um conjunto de elementos tais como: as condições climáticas, a cobertura vegetal, a litologia, a ação do homem, entre outros, influenciando nos processos atuantes no relevo a exemplo do intemperismo, da erosão, e da sedimentação, repercutindo por sua vez, no volume de água superficial e no tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios. E o conjunto desses processos anteriores influencia por sua vez, nas características hidrológicas como a velocidade da corrente fluvial, a variabilidade das descargas (diária + mensal + anual), na frequência das descargas extremas, nas características abióticas

Recebido em 29/07/2006
Aprovado para publicação em 15/09/2006

e bióticas, moldando na calha principal do rio uma morfologia de acordo com essas condições. Assim, qualquer interferência significativa que ocorre no interior dessa bacia repercute direta ou indiretamente nos tributários e no canal principal. Por conta desses fatores/elementos acima a Bacia Hidrográfica¹ tornou-se uma das referências espaciais mais comuns nos estudos e projetos, não só em função dos processos físicos, mas pelo fato dela também estar presente em grande parte da legislação vigente no que diz respeito ao meio ambiente, fazendo parte, portanto do planejamento territorial e ambiental no Brasil (RODRIGUES E ADADI, 2005).

O presente texto é parte de um estudo maior sobre a Bacia Hidrográfica do rio Doce que teve como desdobramentos as observações da queda da vazão e das transformações morfológicas da calha principal do rio nas últimas décadas a partir dos diversos trabalhos de campo empreendidos nos municípios de Baixo Guandu, Colatina, Marilândia e Linhares, todos localizados no estado do Espírito Santo.

De forma a avaliar a real situação hídrica o trabalho se propõe a realizar um estudo referente às vazões² com base nos dados da série histórica da estação de Colatina no estado do Espírito Santo, a estação que possui a maior série ao longo do canal principal do Rio Doce. Para se alcançar os objetivos propostos, inicialmente foi realizado um levantamento e análise de todos os dados fisiográficos da bacia como geologia, geomorfologia, solos, clima, além de levantamentos populacionais e socioeconômicos. Em outro momento foi feita a aquisição dos dados da série histórica de vazão na estação de Colatina – ES, disponibilizadas pela ANA³ – Agência Nacional de Águas. Para elaboração dos gráficos e tabelas foram utilizados os softwares: Planilha Microsoft Office Excel, o programa **Hidro** versão 1.04, disponibilizado gratuitamente pela ANA, que possui como recursos principais o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológica, permitindo efetuar o cálculo de funções básicas e apresentação de dados na forma de gráficos.

A partir da plotagem dos dados em gráficos e tabelas, realizar-se-á uma análise das maiores e menores vazões diárias, vazões mensais, vazões anuais e vazões por décadas, com o propósito de se fazer um diagnóstico detalhado da situação hídrica do rio Doce. Outro objetivo da pesquisa é revelar a importância desse método como um dos instrumentos eficientes de gestão da bacia.

O texto apresentado a seguir foi dividido em partes iniciado com esta breve introdução, seguida de uma caracterização da bacia e sua dinâmica, em seguida realizou-se a apresentação e discussão dos dados de vazões descrevendo os principais efeitos geomorfológicos decorrentes da diminuição das descargas líquidas ao longo dos anos da bacia e, por fim, a conclusão do trabalho.

Caracterização da bacia e os principais elementos que interferem na dinâmica das águas fluviais

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce está localizada na Região Sudeste do Brasil entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo nos paralelos 17°45' e 21°15' de latitude sul e os meridianos 39°55' e 43°45' de longitude oeste. Possui uma extensão total de 853 km e uma área de drenagem com cerca de 83.400 km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante (14%) ao Estado do Espírito Santo sendo, portanto, uma bacia de domínio federal⁴ (ANA, 2001). Limita-se a norte pela serra Negra e pela serra dos Aimorés, a oeste pela serra do Espinhaço, a sudoeste e sul pela serra da Mantiqueira, a sudeste pela serra do Caparaó e leste pelo Oceano Atlântico.

Suas nascentes situam-se nos limites oeste e sul da bacia, nas serras do Espinhaço e da Mantiqueira em Minas Gerais com altitudes superiores de 1.100 metros, sendo formado pela confluência dos rios Xotopó e Piranga. Seus principais afluentes são pela margem esquerda os rios Piracicaba, Santo Antônio e Suaçuí Grande, em Minas Gerais, Pancas e São José, no Espírito Santo; pela margem direita os rios Casca, Matipó, Caratinga-Cuieté e Manhuaçu, em Minas Gerais, e Guandu, no Espírito Santo (Figura 1).

População/Municípios

A Bacia do rio Doce no ano de 1900 possuía um total de 26 municípios sendo 22 em Minas Gerais

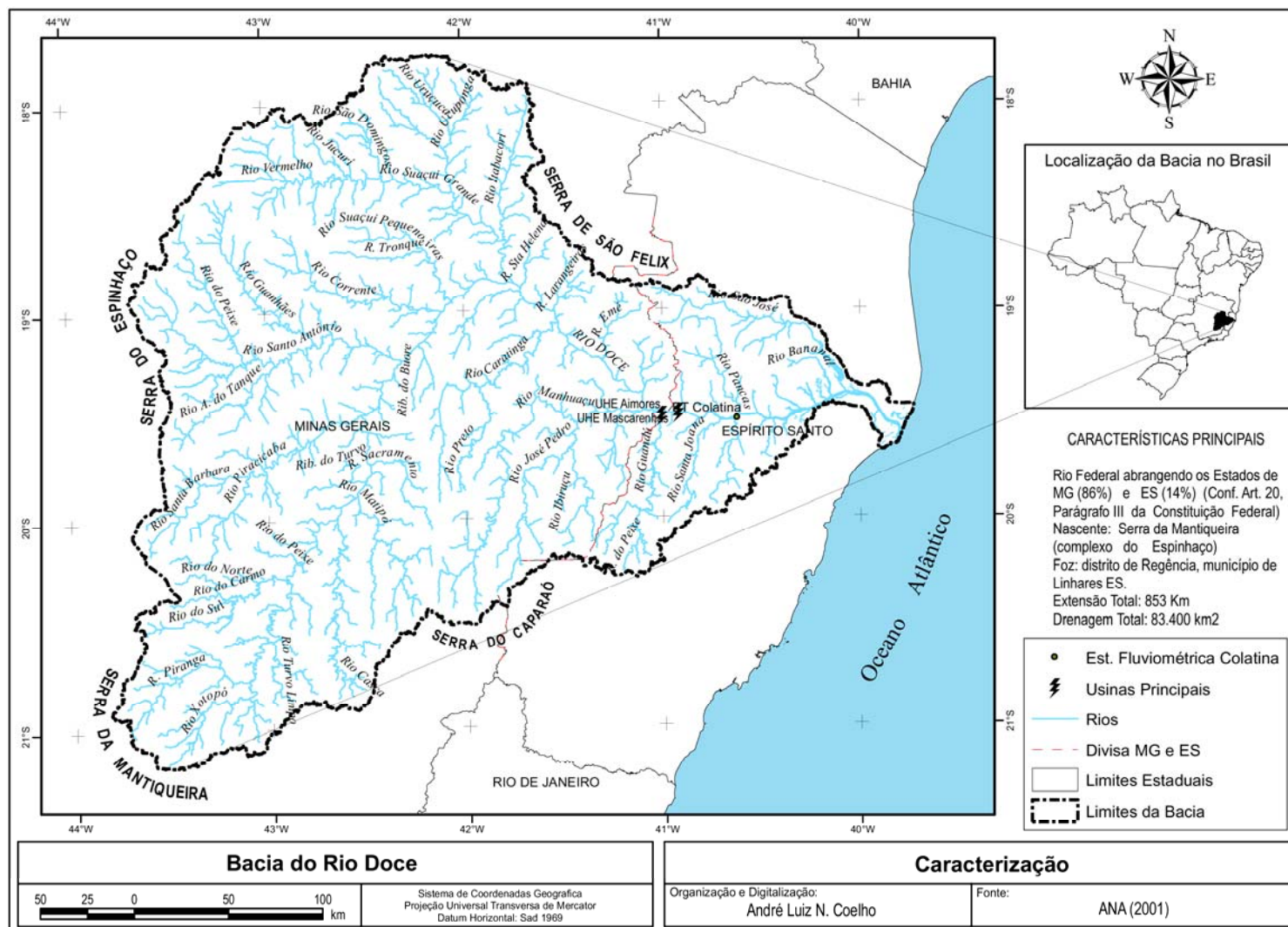


Figura 1 - Caracterização da Bacia do Rio Doce

e o restante no Espírito Santo. Destes municípios apenas um, Linhares situado a 37 km da desembocadura com o mar, era localizado nas margens do rio Doce.

Com a construção da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) iniciada em 1901 favoreceu a ocupação das margens a montante de Linhares e a criação de novos municípios como Colatina, Baixo Guandu, Aimorés, Resplendor, Conselheiro Pena e Governador Valadares, e no ano de 1940 a bacia já contava com trinta e seis novos municípios. De acordo com o censo realizado pelo IBGE em 2000 a bacia do rio Doce atualmente conta um total de 226 municípios (MG e ES) com uma população superior a três milhões de habitantes. Há o destaque para RME - Região Metropolitana Emergente⁵ do Vale do Aço (MG), uma das dez RMEs do Brasil que tem como principais municípios Ipatinga com 212.496 hab., Coronel Fabriciano (97.451 hab.), Santana do Paraíso (18.155) e Timóteo (71.478 hab.). Do lado Capixaba 29 municípios fazem parte da bacia, abrangendo uma população superior a 730 mil habitantes e o destaque para dois: Colatina (112.711 hab.) e Linhares (112.617 hab.).

Economia

A operação da EFVM trouxe reflexos na economia da bacia possibilitando o desenvolvimento da *indústria* como a siderurgia, metalurgia, mecânica, química, alimentícia, álcool, curtume e celulose e da *mineração* no Quadrilátero Ferrífero (MG) com a extração de minérios ferro (hematita, itabirito, itacolomito e canga), bauxita e manganês escoados pela Estrada de Ferro Vitória-Minas em direção ao Porto de Tubarão no Espírito Santo, sendo também transportados diariamente passageiros entre Belo Horizonte (MG) e Cariacica (ES) passando por várias estações das cidades próximas da estrada de ferro. A bacia também é marcada pela *atividade de agricultura* entre elas a pecuária de leite e corte, suinocultura, café, cana-de-açúcar, hortifrutigranjeiros e cacau. Há o destaque ainda para as florestas plantadas, sobretudo o eucalipto em expansão que estão concentrados na região/setor do alto rio Doce com quase todas elas pertencentes às siderúrgicas Acesita, Belgo Mineira ou a Cenibra produtora de celulose.

Clima

A bacia do rio Doce encontra-se totalmente inserida na faixa do clima tropical úmido, estando caracterizada, entretanto, por uma não uniformidade climática. Esta diversidade é explicada por um conjunto de fatores, sobretudo, pela posição geográfica, pelas características de relevo e do encontro de massas de ar que atuam no interior da bacia, como é o caso das massas de ar influenciado pelo *Sistema Tropical Atlântico* que predomina grande parte do ano, e também pela massa de ar oriunda de sul ocasionando linhas de instabilidade, sobretudo no verão, podendo provocar chuvas intensas. Normalmente, a estação chuvosa se inicia em novembro e se prolonga até maio com uma distribuição heterogênea no interior da bacia, mas com totais anuais superiores a 700 mm. As regiões de maior altitude e litorâneas são as que apresentam maiores totais anuais, variando entre 900 mm e 1500 mm, enquanto os fundos de vales e regiões deprimidas apresentam os menores totais anuais, variando entre 700 e 1000 mm. Já o período seco mais pronunciado se dá nos meses de julho a setembro (ANA, 2001).

Quase a totalidade da bacia apresenta temperaturas médias anuais elevadas durante boa parte do ano e, mesmo nos meses mais frios, as temperaturas médias são superiores a 18° C. A umidade do ar é elevada (aproxima-se de 90% inclusive nas adjacências do litoral) e a amplitude térmica diária é maior do que a anual podendo variar de 10 a 15°C nas regiões mais elevadas.

De acordo com a classificação de Köppen que leva em consideração os aspectos gerais do regime das chuvas e das temperaturas, a bacia do rio Doce pode ser classificada em três tipos climáticos:

- Cwb - Tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos: presente nas vertentes das serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do rio Doce;
- Cwa - Tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes: presentes nas nascentes de seus afluentes;
- Aw - Quente com chuvas de verão: presentes nos trechos médio e baixo do rio Doce e de seus afluentes a exemplo das sub-bacias dos rios Guandu e Santa Joana.

O regime fluvial do rio Doce é perene e, de modo geral, acompanha a pluviosidade da bacia sendo marcado por dois períodos: um de cheia, com os níveis máximos ocorrendo nos meses de dezembro, janeiro e março; e um de vazante, a partir de abril, atingindo mínimas extremas nos meses de agosto e setembro.

Geologia/Geomorfologia

No que se refere aos aspectos geológicos e geomorfológicos o rio Doce é caracterizado como um extenso rio que penetra profundamente no planalto mineiro. Seu traçado a partir de sua formação copia mais ou menos a forma do litoral e, em Governador Valadares, o rio toma a direção leste a caminho do oceano. Este traçado do rio é explicado pelas características morfoestruturais variadas que ocorrem no interior da bacia, podendo ser dividida em três setores conforme análise do mapa hipsométrico (Figura 2) e de trabalhos de campo, sustentados também nos estudos realizados da ANA (2001), de Souza (1995), do RadamBrasil (1987) e de Strauch (1955).

O setor Baixo Rio Doce está totalmente inserido no estado do Espírito Santo e é caracterizado por uma morfologia variando de W para E de colinas, tabuleiros e planície costeira. É delimitada a Oeste pelas colinas baixas próximo a Colatina (Figura 3) e por um importante falhamento com direção NNW-SSE, o qual exerce influência sobre a direção principal dos cursos d'água nessa área. Fato semelhante se repete entre os tabuleiros terciários do Grupo Barreiras com o destaque para inúmeras lagoas de barragem natural alongadas na direção NW/SE a exemplo da Lagoa Juparanã, Lagoa Grande, Lagoa Nova em Linhares, sendo marcado também por uma extensa planície costeira quaternária. As altitudes predominantes são entre 100 e 200m decrescendo em direção ao litoral e junto à planície costeira não ultrapassa os 20 metros.

Já o setor Médio Rio Doce possui seus limites a montante do município Colatina (ES) abrangendo o noroeste da bacia com elevações predominantes entre 200 e 500m, situados sobre o domínio do complexo Gnáissico-Magmático-Metamórfico com o predomínio de biotita-gnaiss, estando dispostas na direção preferencial NE-SW, caracterizada por pontões graníticos e colinas com topos nivelados e vales ora fechado, ora abertos. Em ambas as margens do rio Doce, grande parte dos cursos d'água segue a mesma direção das estruturas. As exceções ficam para os setores inferiores dos rios Manhuaçu e José Pedro, ambos seguindo a direção W-E.

O setor Alto Rio Doce tem seus limites situados nas adjacências de Governador Valadares (MG). Envolve as bacias que vertem do Espinhaço escoando de W para O com altitudes que variam de 300 a 2.600 m. Este setor diferentemente dos dois anteriores, é marcado por serras e cristas em domínio do complexo Gnáissico-Magmático ocorrendo falhamentos nas direções NW-SE e NE-SW, os quais influenciaram também a direção dos rios principais como o Piracicaba e Santo Antônio, que seguem a direção SW-NE; no rio do Peixe segue a direção NW-SE, e nos rios Corrente Grande, Suaçui Pequeno e Suaçui Grande, que escoam na direção W-E. Já a montante o rio Piracicaba é marcado por um conjunto de relevos acidentados com colinas alongadas que conferem ao modelado um aspecto de "mares de morros" e o destaque para a Serra do Caraça que atinge 2.064 m.

Solos

De acordo com a classificação do Sistema Brasileiro proposta pela EMBRAPA (1999), há o predomínio de duas classes de solo sendo a primeira Latosolo Vermelho-Amarelo distrófico e/ou álicos, ocorrendo principalmente nos planaltos dissecados desde o plano e suave ondulado. A segunda classe é o Argissolo Vermelho-Amarelo, (classificação antiga Podzólico Vermelho-Amarelo) são encontrados desde relevo plano e suave ondulado até o forte ondulado e montanhoso, com predominância do último. Sua principal limitação é o relevo, tendo em vista que, quase a totalidade da área ocupada com o argissolo está em relevo forte ondulado e/ou montanhoso e devido ao problema da grande susceptibilidade à erosão que esses tipos de solos apresentam. Dessa forma, a sua utilização fica restrita ao uso com pastagens e culturas de ciclo longo tais como o café. Outros solos que ocorrem em menor são Latosolo Ácrico, cambissolos, Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico.

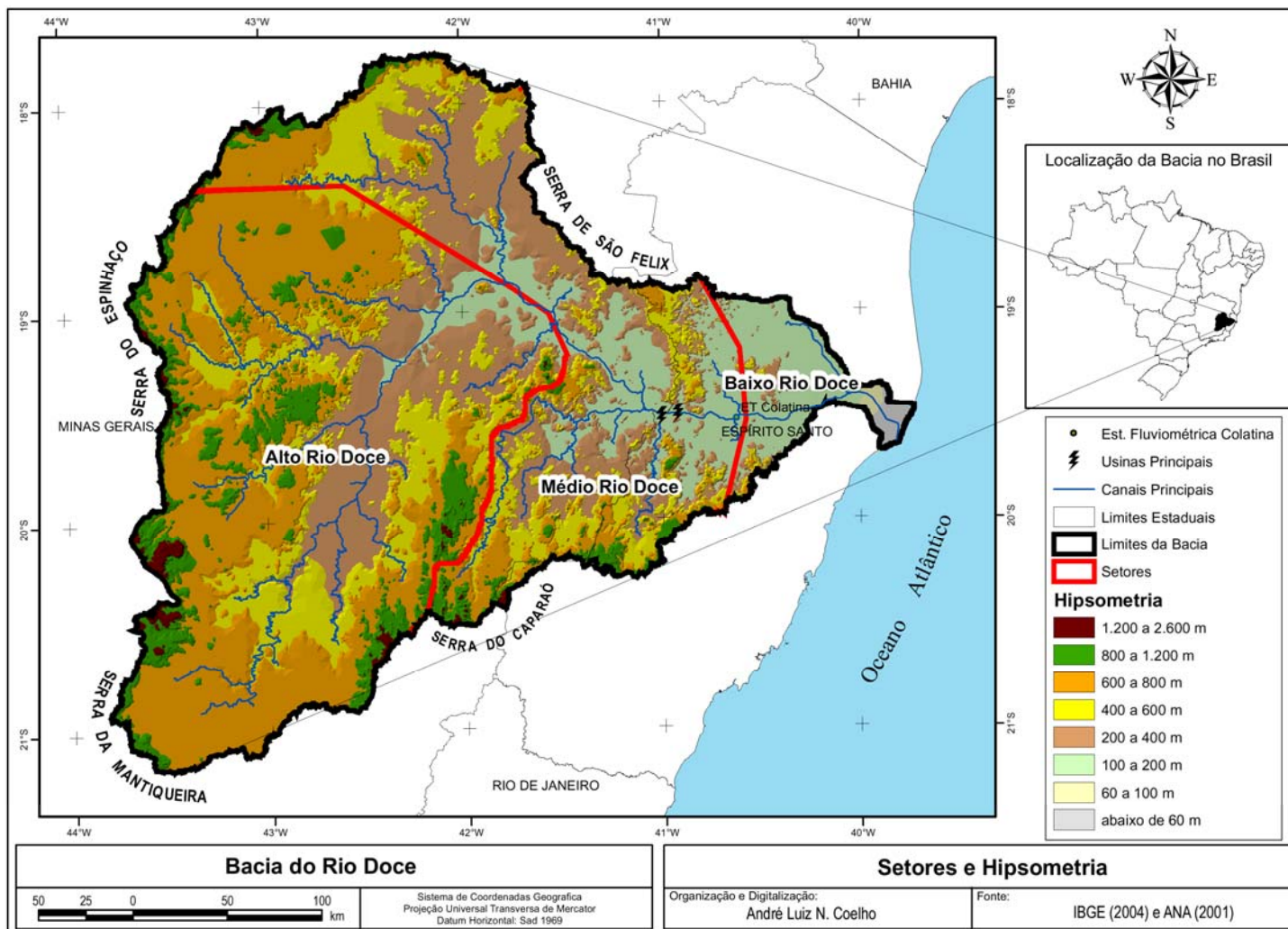


Figura 2 - Mapa de Setores e Hipsometria da Bacia do Rio Doce



Figura 3 - Foto do Setor Baixo Rio Doce entre os municípios de Linhares e Colatina no Espírito Santo, com a ocorrência relevo mais suavizado e colinas baixas. Foto do autor, Fev/2006.

Inter-relações e dinâmica dos elementos: população, economia, clima, geologia/geomorfologia, solos e os reflexos na bacia

O processo de ocupação e criação de novos municípios / distritos nas margens do rio Doce se deu de forma mais intensa a partir da construção da Estrada de Ferro Vitória Minas iniciada em 1901, havendo concomitante a esse processo, a extração de madeiras nas adjacências da estrada. Na década de 30 a EFVM chegou a Itabira, na bacia do rio Piracicaba cujas minas são extraídas o minério de ferro e exportado via o Porto de Vitória. A industrialização teve destaque a partir de 1937 com a instalação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, a primeira siderúrgica situada às margens do rio Piracicaba e, em 1942 a criação da Companhia Vale do Rio Doce em Itabira. No ano 1953 foi inaugurada a siderúrgica Acesita e em 1975 a Cenibra produtora de celulose.

A instalação deste pólo industrial ocorreu em uma região praticamente desabitada promovendo a partir de então um expressivo fluxo migratório e o surgimento do aglomerado urbano do Vale Aço, envolvendo, sobretudo as cidades de Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo, potencializado pela construção da rodovia Rio-Bahia, provocando no decorrer dos anos a supressão das matas para fornecimento de carvão para as siderurgias. A partir da década de 40 houve a introdução do eucalipto nas adjacências das indústrias como forma de aliviar a pressão sobre as florestas naturais praticamente inexistentes e atender a demanda cada vez mais crescente das siderurgias e da Cenibra.

Costa (2000) em pesquisa na região do Vale do Aço observou que os efeitos da monocultura do eucalipto provocam não só alterações sobre o meio físico (fauna, flora, solos, etc..) como também das famílias que moravam nestas áreas e tiravam da terra grande parte de seu sustento. A pesquisadora notou o que acontece na maioria dos casos é o comprometimento dessas terras pela monocultura que reduz sensivelmente a disponibilidade da água de subsuperfície secando inúmeros corpos d'água além causar outros efeitos físicos negativos, forçando estas famílias a venderem suas terras e mudarem para áreas periféricas dos centros urbanos. Assim, as conseqüências ambientais do reflorestamento são transferidas para o meio ambiente urbano através da mobilidade dessa população. Tais impactos certamente são maiores para a parcela da população com condições socioeconômicas mais deterioradas, desenraizada, precariamente inserida no mercado de trabalho, ocupando as áreas mais desfavorecidas com um custo ambiental muito maior.

Os efeitos desta urbanização (novos parcelamentos) e do desmatamento produz, normalmente, o aumento da velocidade das águas superficiais (pluviais) que eram antes interceptadas pelas matas, sendo boa parte absorvida pelo solo. O que ocorre geralmente nessas áreas é a chegada mais rápida das águas pluviais para os tributários e calha principal do rio por fluxos concentrados, provocando processos de erosões (do tipo laminar, ravina e voçoroca) levando por sua vez, quantidades expressivas de sedimentos, acarretando em assoreamento e a ocorrência de cheias mais freqüentes no rio.

Também as características do relevo e dos solos, a exemplo do Argissolo Vermelho-Amarelo encontrados em grande parte em relevo forte ondulado a montanhoso das bordas e interior da bacia são muitas vezes alterados a partir da atuação do homem com a prática de desmatamentos das encostas, cortes inadequados de terrenos para construção de residências e estradas, causando efeitos irreversíveis como os escorregamentos.

Dessa forma, a ocorrência conjunta e intensificação dos processos degradantes ao longo dos anos refletiram e refletem sensivelmente na dinâmica das águas da bacia podendo ser comprovada a partir da redução das vazões do rio. Outros efeitos diretos na calha do rio como a construção das usinas hidrelétricas serão abordados juntamente com a análise da série histórica de vazão na seqüência.

Análise e discussão dos dados da estação colatina

A estação hidrometeorológica de Colatina está localizada no município de mesmo nome no estado do Espírito Santo em um setor importante do rio, no Médio Rio Doce, estando à jusante das barragens das Usinas Hidrelétricas de Aimorés e da Usina Hidrelétrica de Mascarenhas (cf. Tabela 1).

Além da localização estratégica na bacia é a estação que possui a maior e mais completa série

histórica de vazões do rio, registrando também dados meteorológicos da região. A área de drenagem total compreende cerca de 75.800 Km², estando distante 114 Km de sua foz, e, apenas 62m em relação ao nível do mar (ANA, 2006). Com base na caracterização e da inter-relação dos elementos anteriores será realizado, a seguir, um diagnóstico da situação hídrica⁶ da calha principal do rio Doce com uma atenção aos efeitos ocorridos no decorrer dos anos.

Na Figura 4 é apresentada a média de vazões diárias gerado do pelo sistema *Hidro*, contendo nele todos os valores da Série Histórica da Estação Colatina entre 1938 a 2005. Com o propósito de se estabelecer um diagnóstico mais detalhado da bacia em 2006 comparados com períodos anteriores, elaboram-se outras tabelas e gráficos de forma a realizar uma melhor análise e apresentação dos dados disponibilizados.

Partindo da Tabela 2, o ranking das dez menores vazões diárias revelou que o rio passou por reduções graduais com o passar dos anos, com exceção da seca ocorrida em 1956, sendo a partir da metade da década de 90 registrados vazões inferiores a 200 m³/s e o destaque para a menor no dia 28 de agosto de 2001 com, apenas, 175 m³/s (cf. Figura 5).

Tabela 1

Dados da Estação Colatina - ES

NOME	DESCRIÇÃO
Código da Estação / Nome	56994500 – Colatina
Bacia / Rio	Atlântico Leste / Doce
Município / UF	Colatina - Espírito Santo
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Altitude	62 metros
Área de drenagem da estação	75.800 km ²
Período de amostra	1938 a 2005 (67 anos)
Método de Obtenção das Vazões	Curva de descarga

Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006.

Tabela 2

Mínimas Diária de Vazões - Estação Colatina

ORDEM	VAZÃO M ³ /S	MÊS - ANO
1	175	ago-01
2	179	jul-01
3	183	set-01
4	191	set-95
5	198	out-99
6	198	set-99
7	201	out-95
8	205	out-56
9	215	jul-76
10	215	jun-76

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006.
Org.: André Luiz N. Coelho.

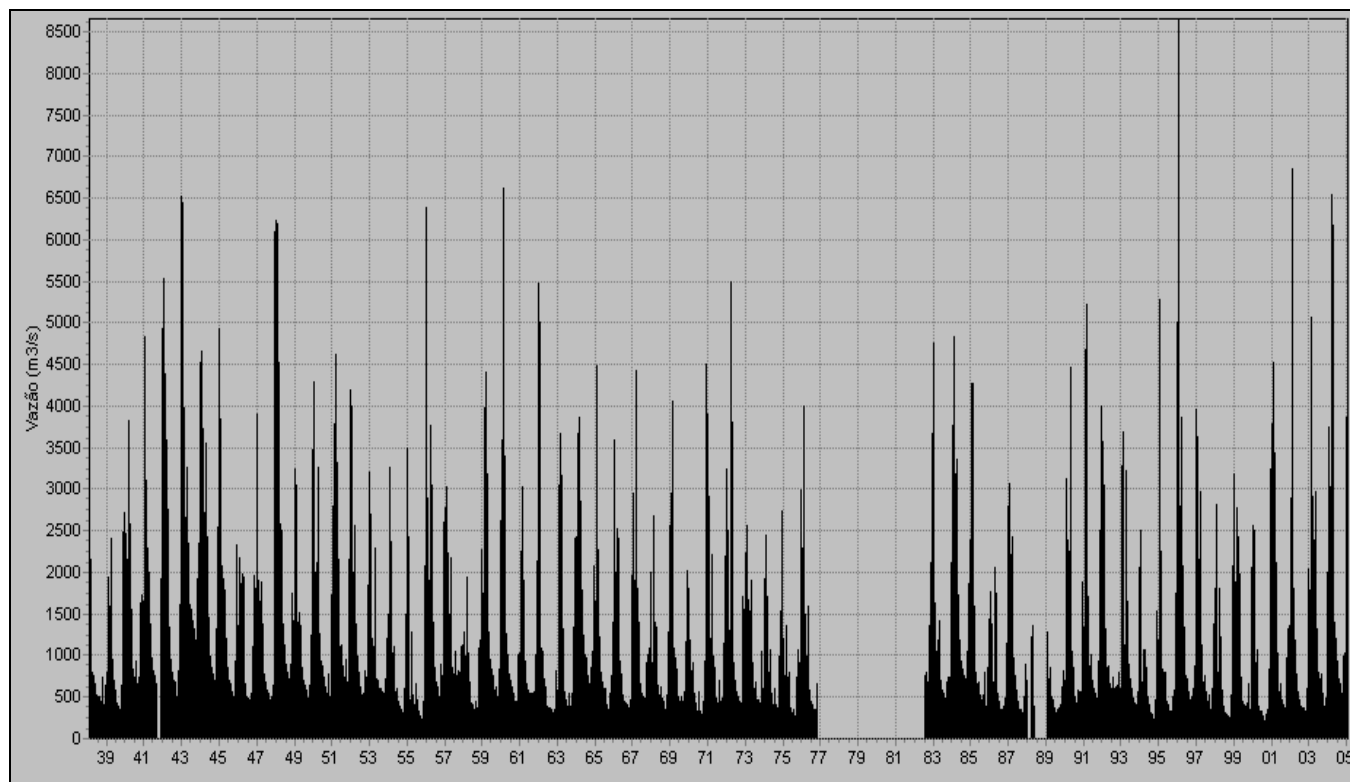


Figura 4 - Gráfico gerado pelo sistema HDRO a partir da Série Histórica de Média de Vazões Diárias do rio Doce – Estação Colatina
Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006.

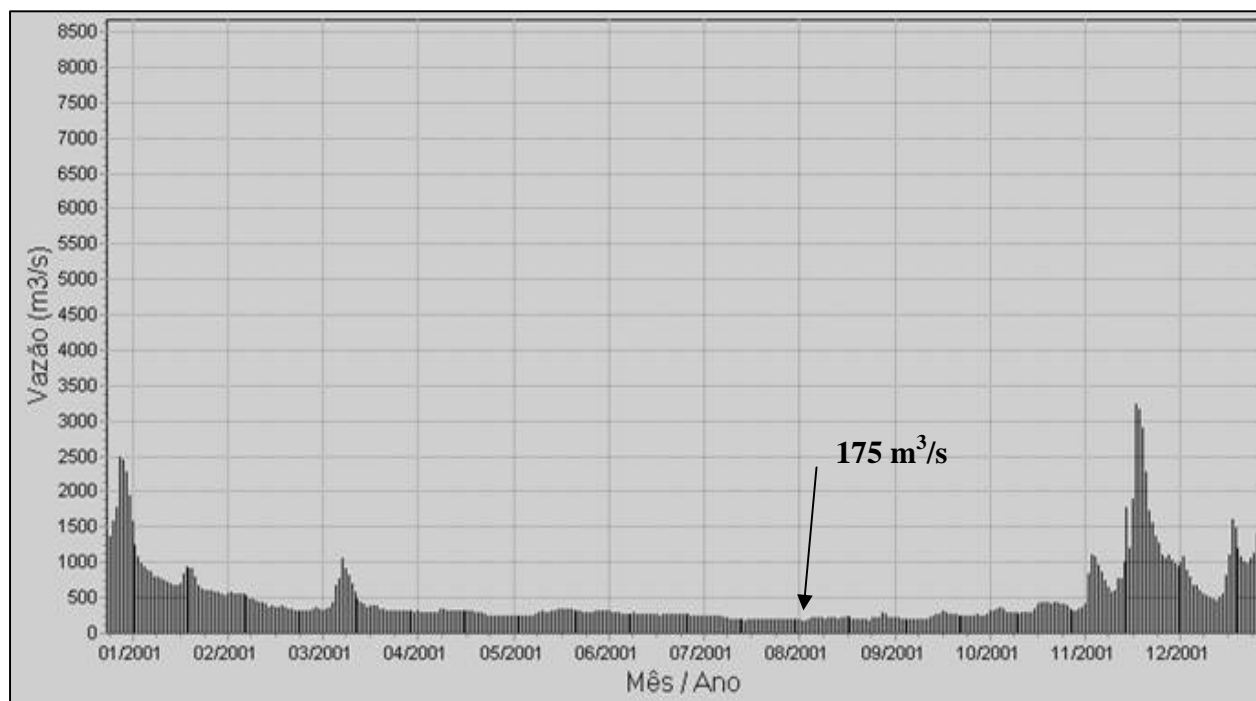


Figura 5 - Vazões diárias gerada pelo sistema HIDRO da Estação Colatina entre 01/2001 a 12/2001, destacando no gráfico a mínima diária registrada no dia 28 de agosto com apenas 175 m³/s. Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006

A Tabela 3 apresenta o *ranking* das dez maiores vazões diárias com o destaque para a máxima ocorrida no dia 07 de janeiro de 1997 com 8.670 m³/s (cf. Figura 6), uma das maiores cheias da história do rio⁷. Pode-se notar também certa regularidade das vazões nos períodos de cheia do rio entre as décadas de 40, 50 e 60, sempre superiores 5.500 m³/s.

Essa regularidade expressa na Tabela 3 e, ausente na Tabela 2, é explicada pelo equilíbrio fluvial que existia na bacia entre as variáveis: descarga líquida, transporte de sedimentos, erosão e deposição ao longo do seu perfil longitudinal, resultando numa certa proporcionalidade do tamanho de sua calha, desde sua nascente até a sua desembocadura (CUNHA, 2003). A quebra dessa regularidade é resultante de um conjunto de processos, entre eles, os desmatamentos intensos ao longo dos anos (BECKER, 1969 E BORGIO, 1996), captação da água para usos agrícola, industrial, urbano, intensificado, pelo o controle das descargas com operação a partir de 1974 da UHE de Mascarenhas⁸ a montante da estação Colatina (cf. Figura 7).

A avaliação do equilíbrio fluvial em uma região estável pode ser medida a partir das relações geométricas entre as componentes das bacias hidrográficas como afirmaram Gregory e Walley (1977 in: CUNHA 2001, 2002). Isto é, em qualquer ponto de um perfil longitudinal de um rio equilibrado há sempre a relação direta entre o tamanho do grão e a área da bacia hidrográfica correspondente e, portanto, a existência de uma aproximação linear.

De forma a elucidar esse processo, tomou-se como exemplo a Figura 8 destacada por (Cunha op. cit.) que mostra o rompimento do equilíbrio longitudinal de um rio a partir da construção de reservatório/barragem em um determinado setor de uma bacia hidrográfica de aproximadamente 100 Km².

A montante da bacia, antes de “A”, é notável o perfil de equilíbrio entre a área da bacia e a área da seção molhada sem interferência humana havendo uma proximidade dos dados a montante (1) com a respectiva reta de ajuste (3) e logo depois de “A” a reta de ajuste extrapolada (4) indicando como se daria a seqüência deste equilíbrio. A quebra do equilíbrio fluvial ocorre após a “A”, com um *input* de um reservatório e/ou implantação de um parcelamento (loteamento), no qual os dados a jusante (2) encontram-se totalmente em desacordo com os dados a montante (1). Também a reta de ajuste (5), é completamente distinta da reta de ajuste extrapolada (4) caracterizando, portanto no rompimento da estabilidade do canal.

Tabela 3

Máximas Diária de Vazões - Estação Colatina

ORDEM	VAZÃO M ³ /S	MÊS - ANO
1	8670	jan-97
2	6800	jan-61
3	6527	dez-43
4	6508	dez-56
5	6253	jan-49
6	6238	dez-48
7	5998	fev-49
8	5687	jan-43
9	5630	fev-61
10	5555	dez-62

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006.
Org.: André Luiz N. Coelho.

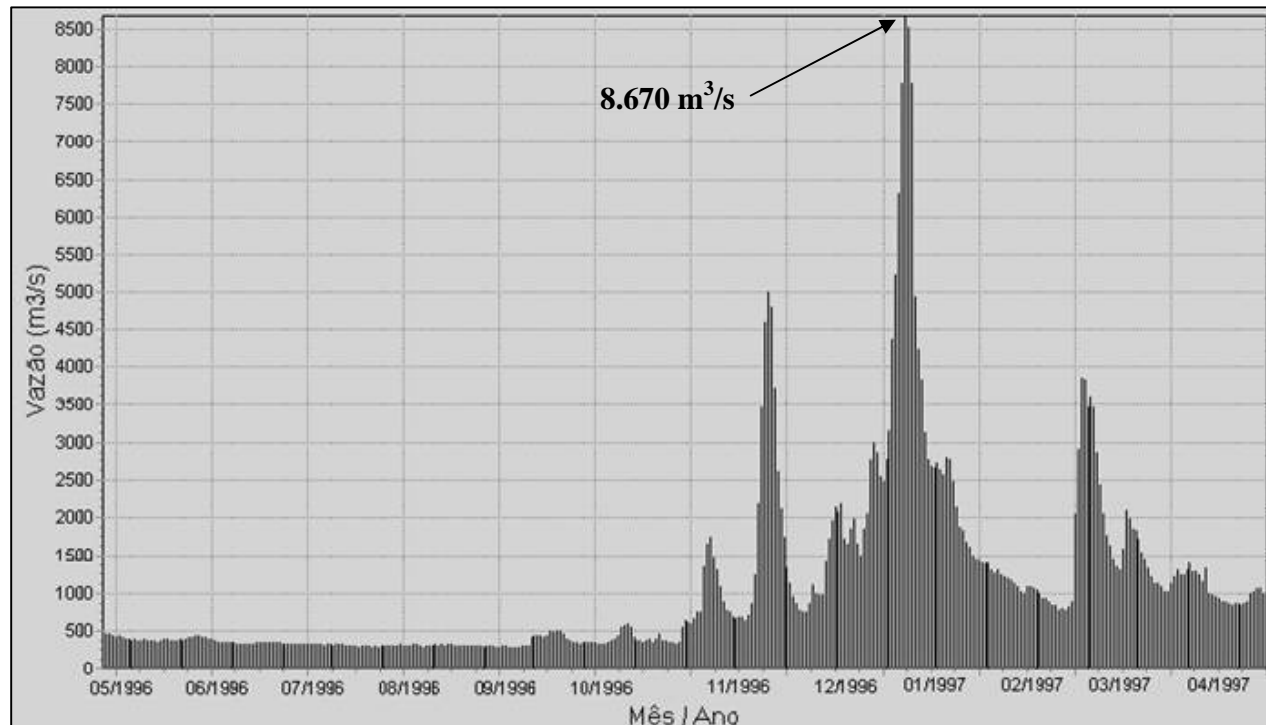


Figura 6 – Vazões diárias gerado pelo sistema Hidro da Estação Colatina intervalo de 05/96 à 04/97, destacando a máxima diária ocorrida em 07 Janeiro de 1997 com 8.670 m³/s.

Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006



Figura 7 – Vista da barragem da UHE de Mascarenhas que iniciou sua operação em 1974. Foto do autor, Fev. 2006.

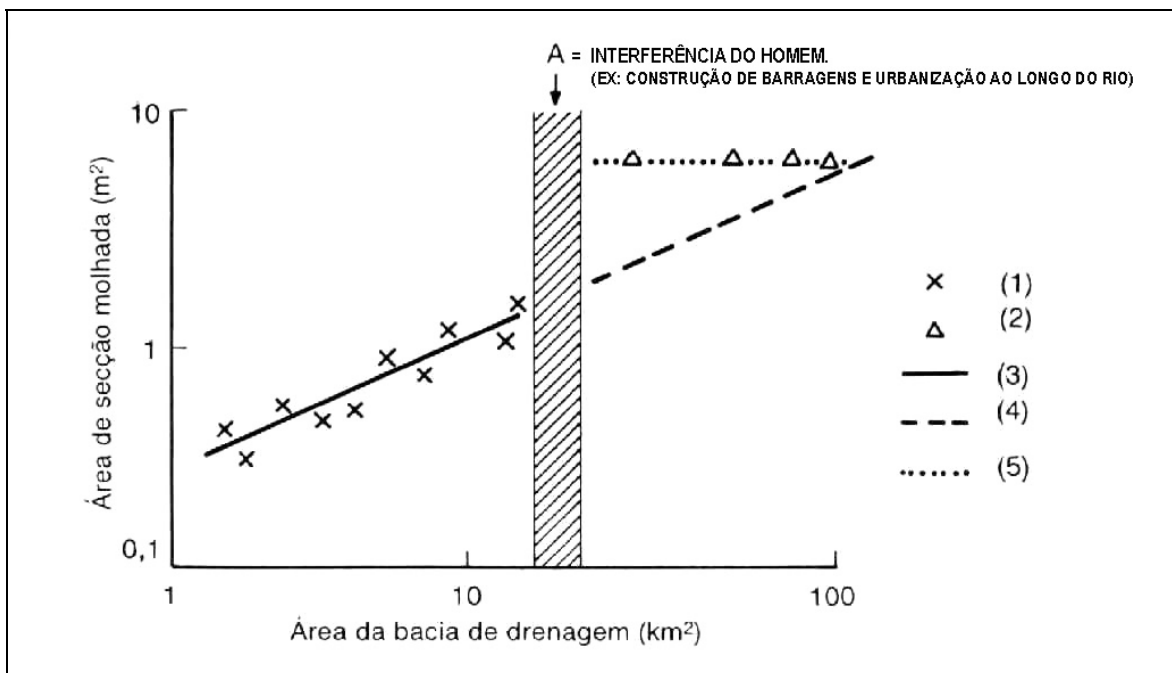


Figura 8 - destacando o perfil longitudinal ao longo de um rio equilibrado até o ponto "A".
Fonte: Cunha (2001 e 2002).

Cunha (op. cit.) ressalta que relações similares podem ser realizadas substituindo, por exemplo, a área da seção transversal (ou seção molhada) por dados de largura ou profundidade do canal, ou ainda, pela distribuição do tamanho das partículas de sedimentos ao longo do perfil longitudinal. Pela Figura anterior é possível perceber a importância das características hidrológicas de um rio, pois elas é que comandam o funcionamento de seu sistema lótico, ou seja, de suas águas correntes. Dessa forma, a velocidade da corrente fluvial, a variabilidade das descargas exerce importante influência nas características abióticas e bióticas, elaborando na calha principal do rio, uma morfologia de acordo com essas condições. Park (1981) e Knighton (1984) in: Cunha (2001) após uma série de investigações destacaram dois principais grupos de mudanças na morfologia fluvial induzidas pela ação do homem.

O primeiro grupo são as *modificações ocorridas diretamente no canal fluvial* para controle de vazões ou para alterar a forma do canal. São exemplos os reservatórios para armazenamento de águas; redimensionamento de margens com o objetivo de atenuar os efeitos das enchentes, erosão ou deposição de materiais. Eles destacam que esse tipo de interferência, normalmente, altera a seção transversal, o perfil longitudinal do rio, o padrão de canal, entre outros. O segundo grupo são as *interferências indiretas realizadas fora da área do canal fluvial*, ou seja, no interior da bacia e que repercutem no canal. Um exemplo são as mudanças da descarga sólida do rio e, conseqüentemente, estendendo-se para o restante da bacia a jusante.

Tais atividades estão ligadas inclusive ao uso da terra como remoção da cobertura vegetal, práticas agrícolas degradantes, atividades mineradoras industriais, urbanização (CUNHA op. cit.). Dessa forma, dependendo da intensidade ou amplitude das mudanças que o canal e/ou a bacia sofre, a resposta dos ajustamentos poderá ocorrer em intervalos de tempos variando de longo, médio e curto prazo. A rapidez destas transformações vai depender da dinâmica do funcionamento do canal.

Por exemplo, uma das formas que o rio encontra para retornar o seu equilíbrio é através da intensa erosão de suas margens, e/ou mudança na topografia do fundo do leito. Assim, as mudanças morfológicas do rio podem levar desde alguns dias a várias décadas para serem ajustadas.

As Figuras 9 e 10 exemplificam as colocações anteriores comprovando na bacia em estudo o processo de desequilíbrio fluvial, intensificado a partir da construção, preenchimento da barragem e operação da UHE de Mascarenhas em 1974. A primeira delas (Figura 9) apresenta alterações nos valores de vazões diárias, passando a registrar uma frequência de descargas líquidas inferiores a 200 m³/s nos períodos de estiagens. É notável também a redução dos picos de descargas diários em comparação com o primeiro semestre do ano de 1973, superior a 5.400 m³/s passando nos anos seguintes registrar picos máximos inferiores a 2.800 m³/s.

Já a Figura 10 mostra os valores de vazões mensais comprovando o mesmo fato a partir da construção e operação da UHE passando a registrar redução gradual nos valores mínimos de descargas com o passar dos anos (355 m³/s em 08/1974; 306 m³/s em 08/1975 e, em 08/1976, 241 m³/s). Tal processo fica mais evidente, sobretudo nos períodos de vazante do rio, pois parte da água que antes escoava pelo rio passa agora a ser retida no reservatório com o intento de manter a capacidade de geração de energia, o que resulta em uma diminuição mais acentuada da vazão a jusante da barragem.

Também nos picos de cheias mensais foi observada uma redução (1.558 m³/s em 12/1973; 1.539 m³/s em 12/1974; 1.210 m³/s em 11/1975 e 1.203 m³/s em 11/1976). Fundamentado nestes dados, é possível afirmar que as características do rio em Colatina nas décadas 40, 50 e 60 eram de um perfil equilibrado (Tabela 3) e a partir da operação da UHE de Mascarenhas no início da década de 70 não constou nunca mais na história do rio registros destas vazões regulares⁹.

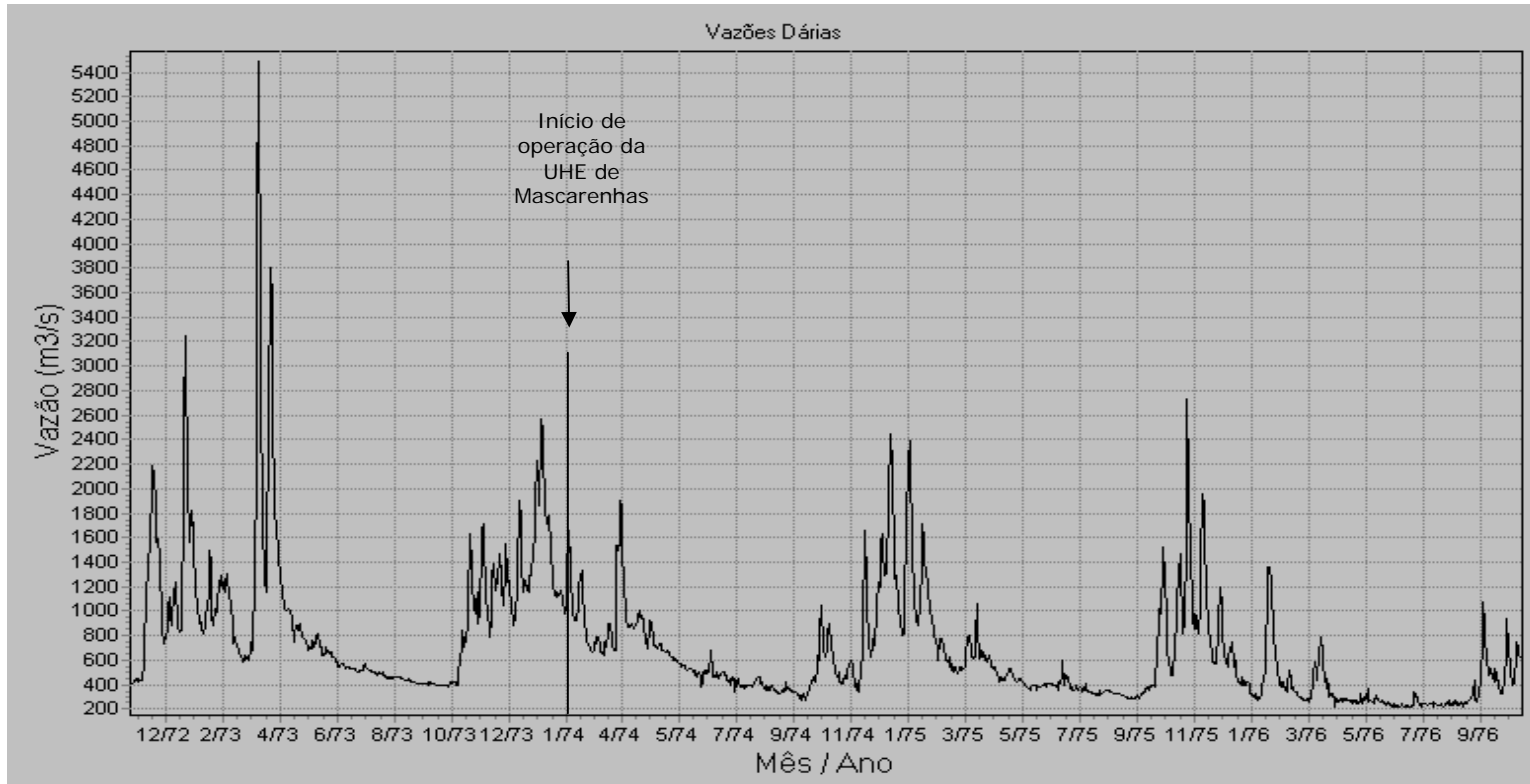


Figura 9 - Vazões diárias gerada pelo sistema HIDRO da Estação Colatina entre 31/10/72 a 31/10/76, registrando redução de descargas após o preenchimento (2º semestre de 1973) e operação da barragem da UHE de Mascarenhas.

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006.

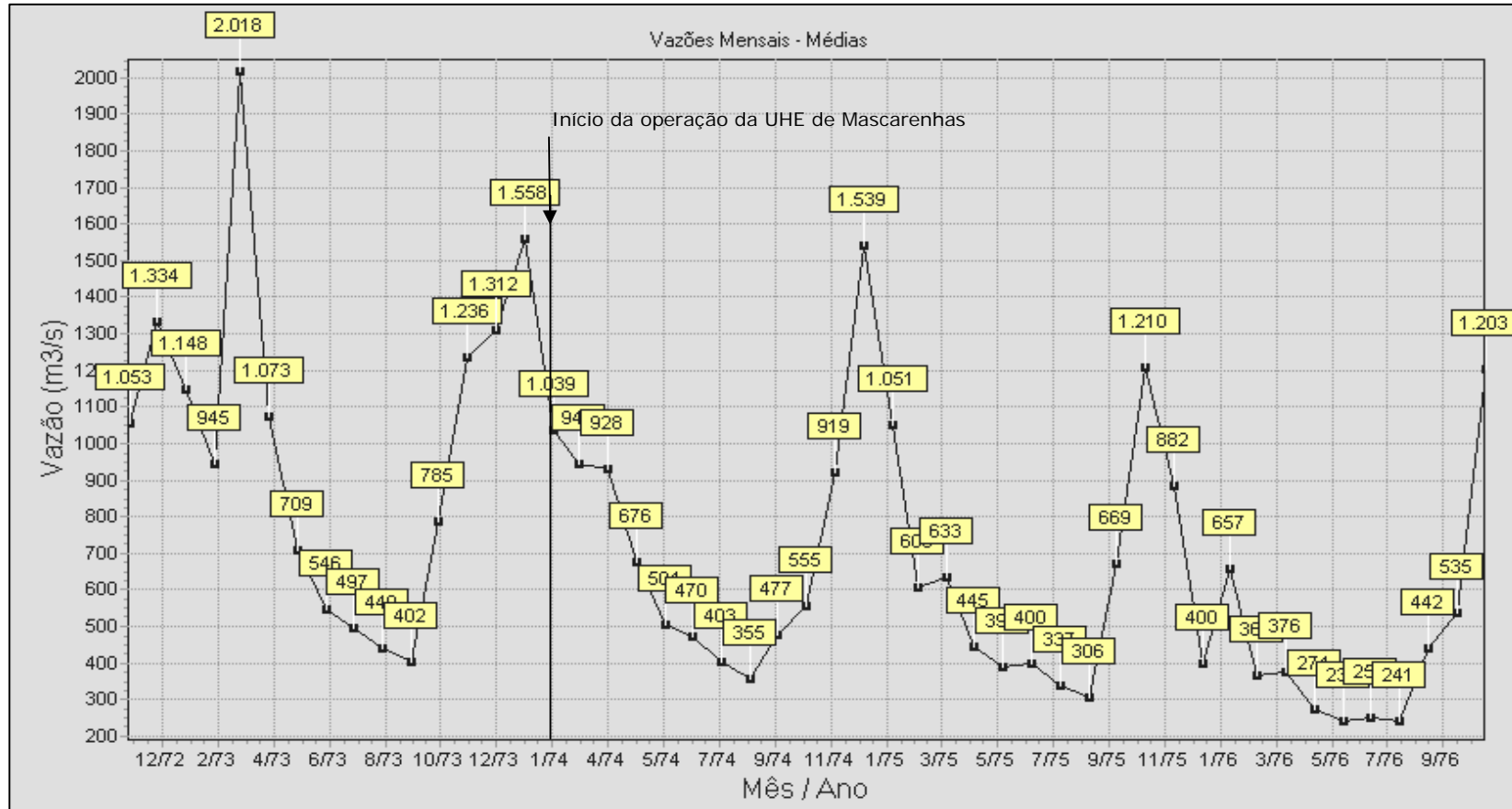


Figura 10 - Vazões Mensais gerada pelo sistema HIDRO da Estação Colatina entre 31/10/72 a 31/10/76 destacando os valores decrescentes de descargas após o preenchimento (2º semestre de 1973) e operação do reservatório da UHE de Mascarenhas.
Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006.

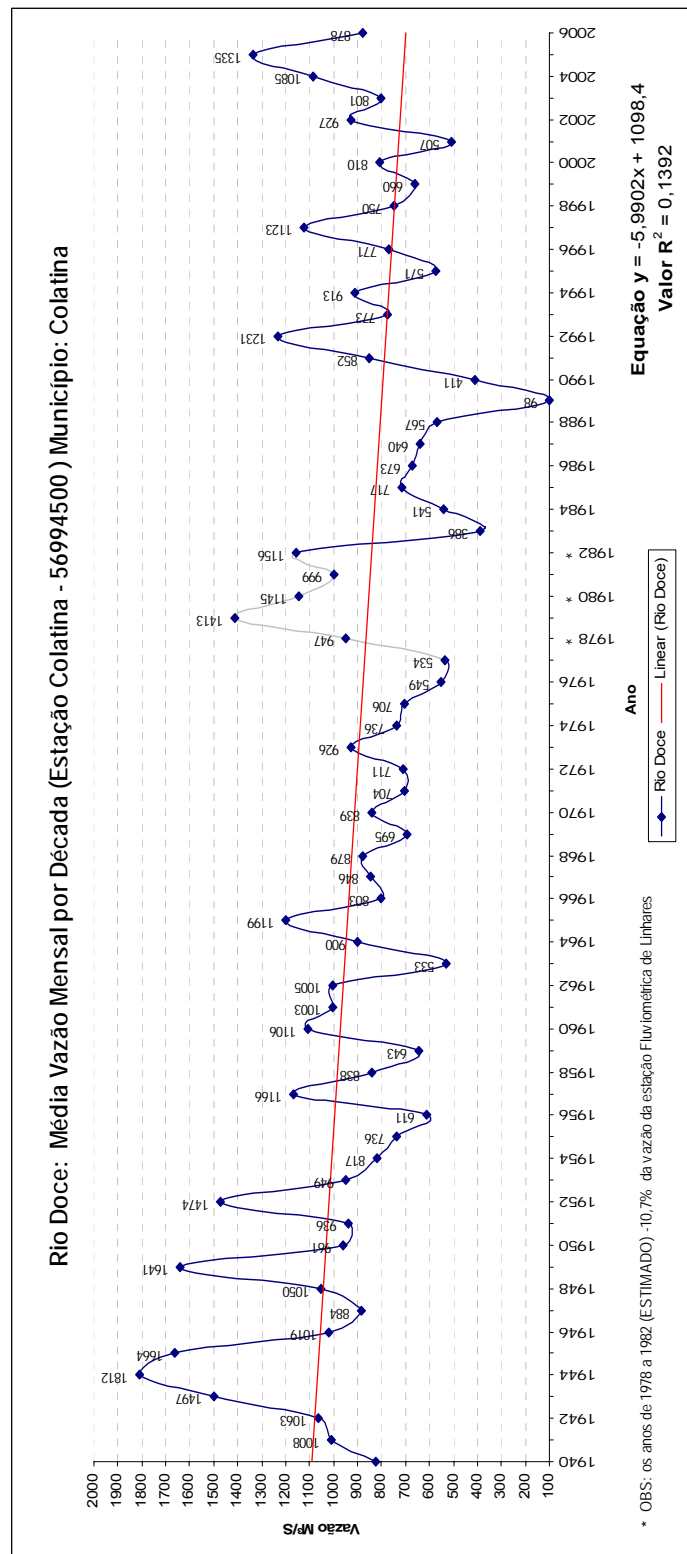


Figura 11 - Média de vazões anuais do rio Doce a partir dos dados de vazões mensais – Estação Colatina e a respectiva curva de tendência linear.

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006

Tabela 4

Média de Vazões por Década - Estação Colatina

DÉCADA	PERÍODOS	VAZÃO (m ³ /s)	DIFERENÇA COM A DÉCADA ANTERIOR (m ³ /s)
40	1941 - 1950	1260	-
50	1951 - 1960	928	- 332
60	1961 - 1970	870	- 58
70	1971 - 1977	695	- 175
80	1983 - 1990	504	- 191
90	1991 -2000	845	+ 341
2000	2001 - 2005	931	+ 86

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> acesso em: 04 de maio de 2006.

Org.: André Luiz N. Coelho

As figuras anteriores (4, 9 e 10) comprovam também a existência de dois períodos bastante definidos de regime fluvial. Um regime de vazante que ocorre entre abril a setembro com o mês mais crítico em agosto, e o outro regime de cheia do rio ocorrendo entre outubro a março, com os picos de vazões em dezembro, janeiro e março, a exemplo, da Figura 10. Esse regime fluvial está totalmente relacionado com a pluviosidade que opera no interior da bacia, dessa forma, ocorrendo nos mesmos períodos.

Já a Figura 11 apresenta os dados de vazões anuais com a respectiva curva de tendência, possibilitando melhor avaliar o comportamento da descarga líquida entre 1940 a 2005. O critério utilizado foi o cálculo da média aritmética da vazão de janeiro a dezembro de cada ano. Nos anos compreendidos entre 1978 a 1981 foi estimada em menos 10% dos valores de vazão da estação de Linhares a jusante¹⁰.

Os dados deste gráfico apontam que há sem dúvida uma redução gradual de vazão do rio Doce com o destaque para alguns períodos particulares entre:

- 1940 até 1954 os valores mínimos de vazão eram superiores a 800 m³/s;
- 1940 até 1977 queda gradual dos picos de vazões anuais;
- 1966 até 1977 valores máximos não ultrapassam os 930 m³/s;
- 1978 a 1988, recuperação das vazões registrando valores anuais superiores a 900 m³/s nos primeiros 5 anos seguido dos restantes de ligeira queda.
- 1990 a 2005 uma relativa recuperação das vazões marcadas por oscilações entre 1330 m³/s e 507 m³/s.

Estes dados têm relação direta com uma série de acontecimentos/transformações ocorridas no interior da bacia a partir de sua ocupação no início do século 20. Antes desse processo a bacia contava com expressiva cobertura vegetal e uma baixa concentração de população, municípios e indústrias (BECKER, 1969 e BORGIO, 1996). A partir de então, sobretudo a metade do século XX, a região experimentou um acelerado processo de ocupação vindo causar a supressão de suas matas refletindo por sua vez na dinâmica das águas precipitadas na bacia, pois parte das chuvas que ocorrem hoje não são como era no passado, interceptadas pelas florestas / matas e, por sua vez, armazenadas no solo. O que se observa atualmente são precipitações que caem diretamente nos solos desprovidos de vegetação, no qual pouquíssima água é armazenada, sendo grande parte dessa água escoada para a calha do rio, levando quantidades consideráveis de sedimentos, vindo a provocar assoreamento e enchentes mais constantes. Já no período de estiagem decorrente da falta de armazenamento de

água no solo resulta em rios com disponibilidade mínima de água.

Na Tabela 4 utilizou-se mesmo procedimento de cálculo de média aritmética para se chegar aos valores de vazões por décadas, comprovando também a queda de vazões do rio Doce ao longo dos anos. Dado surpreendente foi da redução registrada na década de 1940 com 1.260 m³/s cair para 928 m³/s, uma queda de 332 m³/s. A partir de então nunca mais se observou em uma década vazões superiores a 1.000 m³/s. Na década de 1960 a vazão permaneceu estável (870 m³/s) com uma redução de 58 m³/s. Na década de 70 apresentou uma redução de vazão considerável de 175 m³/s, vindo na década seguinte (80) reduzir 191 m³/s. Na década de 90 apresentou um acréscimo de vazão de 341 m³/s, com média de 845 m³/s e entre 2001 e 2005 apresentou mais um acréscimo de 86 m³/s.

No início deste ano (2006) o rio sofreu uma nova intervenção na calha principal com o preenchimento e operação da UHE de Aimorés, divisa com MG e Espírito Santo, a montante da UHE de Mascarenhas. A operação dessa nova usina sem dúvidas irá provocar efeitos semelhantes a aqueles observados na UHE Mascarenhas, colocando o estado do Espírito Santo em uma situação bastante delicada quanto à disponibilidade hídrica, inclusive nos períodos de estiagens prolongadas.

Principais efeitos da redução

Vários efeitos da redução da vazão podem ser observados a partir das considerações realizadas por Brandt (2000). Após uma análise detalhada de diversos estudos a jusante de barragens o pesquisador aponta dois impactos mais comuns relacionados às mudanças no regime hidrológico do rio. Um diz respeito ao *fluxo de água* e o outro ao *fluxo de sedimento* com ambos interagindo de acordo com a particularidade de cada represa, determinando por sua vez, mudanças nos processos morfológicos do canal após a barragem.

O primeiro deles *Fluxo de água* está relacionado com a descarga da água em função da morfometria do reservatório, características do vertedouro (*spillaway*) e pela política de liberação de água do reservatório. Nos reservatórios construídos para a geração de energia elétrica, têm como características comuns à redução das descargas de águas à jusante em boa parte do ano, de forma garantir seus reservatórios cheios, para que nos períodos de estiagens utilize esta água reservada para o fornecimento de energia elétrica. Brandt (op. cit.) chama a atenção também para os efeitos da construção de reservatórios em série ao longo do canal principal, bastante comuns em rios brasileiros a exemplo do: rio São Francisco, rio Paraná, rio Grande e o rio Doce. Com base em estudos comprovados de Thoms e Walker (1993) Brandt ressalta que os efeitos individuais comparados ao de uma grande barragem são pequenos, porém quando são avaliados os efeitos em cadeia dessas barragens, eles são extremamente complexos e substanciais, podendo até exceder aqueles produzidos por uma única grande barragem.

O segundo efeito diz respeito ao *Fluxo de sedimento* que dependendo do porte do reservatório quantidades substanciais de sedimento são barradas, passando somente uma pequena proporção após o reservatório. Dependendo da localização da barragem, das armadilhas de sedimento, especialmente, nas regiões tropicais e áridas com erosão substancial do solo afeta tanto o rio acima quanto à jusante e mesmo que os reservatórios retenham a maioria dos sedimentos, não significa necessariamente, que a água rio abaixo das represas estará relativamente desobstruída. Outros fatores dentro do sistema do rio podem esconder os impactos da represa como foi o caso analisado por Olive e Olley (1997)¹¹ que identificaram distantes das barragens de Burrinjuck e de Blowering¹² no rio Murrumbidgee na Austrália, que um terço do fluxo anual da água tinha sido reduzido após o fechamento das represas, enquanto apenas um quinto da carga do sedimento tinha sido removido. Este *input* de sedimento ocorreu devido à contribuição (erosão) dos tributários abaixo das represas.

Percebe-se que a relação entre a capacidade de transporte do fluxo e carga de sedimento liberada do reservatório junto com a relação entre o fluxo de erosividade e erodibilidade que o rio aterra determina mudanças no canal, o que no final das contas, produz novas condições de estabilidade. Brandt (op. cit) e Cunha (1995) mencionam outros efeitos a jusante das represas que

podem ser observados no interior do canal principal como: as erosões Marginais; mudanças na declividade; mudanças na configuração em planta (*Planform*); mudanças na forma do leito; reflexos dos tributários a partir das alterações do canal principal; sanilização da água; aumento da instabilidade junto à foz do rio e modificações no perfil praiar próximo à desembocadura dos rios.

No rio Doce alguns destes efeitos já são notáveis quando se percorre suas margens a partir da UHE de Mascarenhas, em direção a sua desembocadura com o mar, sendo notável mais a jusante o surgimento dos enormes bancos de areia como o caso da Figura 12 registrado no mês de fevereiro de 2006.

É notável também na figura anterior o reduzido estoque de vegetação (ciliar) no entorno que além de causar impactos morfológicos ao longo do rio interfere diretamente no fornecimento de matéria orgânica e nutriente, podendo levar a redução da população de peixes, interferindo por sua vez, em todo equilíbrio do ecossistema aquático (CUNHA, 1995).



Figura 12 - Trecho do rio Doce à jusante de Colatina com o destaque para a formação de enormes bancos de areia.
Foto do autor, Fev. 2006.



Figura 13 - intensidade dos processos erosivos de suas margens, neste próximo ao lago Lagoa Nova, 14 Km do município de Linhares - ES
Foto do autor, Fev. 2006.

Processos de erosão das margens foram constatados em vários setores do rio como o exemplo da Figura 13 que já atingiu parte da estrada estadual ES - 248 que liga Linhares a Colatina. Na planície costeira, próximo à linha de costa, torna-se ainda mais evidente o processo de assoreamento do rio, resultando no surgimento de novas ilhas e bancos de areia, agravado pela construção de um canal de transposição irregular das águas para abastecimento da indústria de celulose¹³. Outro flagrante da degradação do rio é notado pela quantidade expressiva de materiais, sobretudo lixo, transportados pelas águas com parte destes depositado nos bancos de areia e junto à desembocadura do rio Doce com o mar (Figura 14).

Junto à desembocadura, constatou-se o crescimento de esporões arenosos, e o processo de progradação da linha de costa do lado sul, no distrito de Regência, flanco sul da foz em consequência da diminuição da descarga líquida e sólida do rio nas últimas décadas acentuando ainda mais a instabilidade entre os processos de dinâmica entre planície, rio e o mar (COELHO, 2005).



Figura 14 - Quantidade de materiais transportados pelo rio, sendo parte depositada na praia, próxima a desembocadura do rio com o mar.
Foto do autor, Dez. 2005.

CONCLUSÕES

A análise da série histórica de vazões aponta que o rio Doce, o maior manancial de água doce do Espírito Santo apresenta níveis elevados de erosão de suas margens e assoreamentos, resultante de um conjunto de intervenções ao longo dos anos de forma não planejada, entre elas: o processo histórico de ocupação associado ao desmatamento intenso nas últimas décadas, prática de monoculturas como eucalipto, uso descontrolado da água nos setores agrícola, industrial, urbano e, sobretudo de geração de energia.

Efeitos estes que podem levar o rio Doce num futuro próximo a uma situação ainda mais crítica a partir de novas demandas, a exemplo, da utilização de parte de suas águas para abastecimento da Região Metropolitana de Vitória, assim como já é o caso da RMRJ (captando água do Paraíba do Sul) e RMBH (captada do rio das Velhas), podendo dessa forma, provocar efeitos geomorfológicos irreparáveis na calha principal, intensificando as erosões das margens, assoreamentos, comprometimento de solos junto à desembocadura (provável avanço da cunha salina), alterações na morfologia de praias adjacentes, além danos sociais para comunidades que dependem do rio como os pescadores e pequenos agricultores.

Ficou comprovado a partir dos gráficos gerados pelo software *Hidro* os efeitos causados da construção e operação da UHE de Mascarenhas. O mais expressivo foi da redução nos níveis de vazões (entre 1972 – 1976) levando a um relativo desequilíbrio fluvial, comprometendo por sua

vez, a dinâmica de erosão transporte e sedimentação ao longo do perfil longitudinal além da biota existente no rio.

Neste estudo constatou também que o desequilíbrio do sistema fluvial existente na bacia fica mais evidente nos períodos críticos, como os de chuvas intensas provocando enchentes de grandes proporções (intensificado em parte pela supressão de matas e impermeabilização dos solos urbanos, impedindo dessa forma a infiltração da água da chuva no solo). Nos períodos de estiagens é caracterizado pela diminuição gradativa no volume das águas (controle de vazão das UHEs), interferindo em todo sistema fluvial a jusante da usina.

Não desmerecendo outras análises hidrodinâmicas como as sedimentológicas ou da qualidade da água, o presente estudo comprovou a importância da aplicação desse método de análise de vazões ao longo dos anos como um dos instrumentos eficientes de gestão da bacia, pois permite estabelecer medidas adequadas, baseadas na realidade hídrica de determinado rio, a exemplo da utilização da água.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Sérgio B.; Carvalho, NEWTON de O. *Efeitos do Assoreamento de Reservatórios na Geração de Energia Elétrica: Análise da UHE de Mascarenhas, ES*. X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, I Simpósio de Recursos Hídricos do Cone Sul, Gramado, RS, 1993.

ANA - Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 04 maio. 2006.

ANA – Agência Nacional de Águas, *Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul - Trecho Leste: sinopse de informações do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Bahia e Sergipe* (cd nº 4), Série: Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos, 2001. CDROM.

ANA – Agência Nacional de Águas, *Glossário de Termos hidrológicos*. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>> Acesso em: 05 junho de 2006.

BECKER, Berta K. *O Norte do Espírito Santo: região periférica em transformação*. TESE de concurso para livre-docência. Instituto de Geociências - UFRJ, 1969. 130p

BORGIO, I.; ROSA, L.; PACHECO, R. J. *Norte do Espírito Santo: ciclo madeireiro de povoamento*. Vitória. Ed. Edufes, 1996

BRANDT, S. A., *Classification of Geomorphological Effects Downstream of Dams* CATENA, Volume 40, Issue 4, 2000 pp 375-401.

COELHO, André. L. N. *A Evolução e a Dinâmica Fluvio-marinha Recente na Planície Costeira do rio Doce: Identificando e Discutindo as Principais Transformações*. In: Anais do XI SBGFA, USP, São Paulo, SP, 2005, ISBN: 85-904082-9-9, pp. 5440 - 5459. CD-ROM.

COSTA, H. S. M. *Indústria, produção do espaço e custos socioambientais: reflexões a partir do exemplo do Vale do Aço, Minas Gerais* in: Haroldo Costa e Heloisa Costa, *População e meio ambiente: debates e desafios* Ed. SENAC, São Paulo, 2000.

CUNHA, Sandra B. *Canais Fluviais e a Questão Ambiental*. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A. J. T. (orgs.) *A Questão Ambiental: diferentes abordagens*. RJ, Bertrand Brasil, 2003b, pp. 219-238.

_____. *Geomorfologia Fluvial*. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.) *Geomorfologia uma Base de Atualização e Conceitos*. 4ª ed., RJ, Bertrand Brasil, 2001, pp. 211 - 252.

_____. *Geomorfologia Fluvial*. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (orgs.) *Geomorfologia exercícios técnicas e aplicações*. 2ª ed., R.J., Bertrand Brasil, 2002, pp.157 - 189.

_____. *Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil)*, Rio de Janeiro: Editora I.G., UFRJ, 1995.

EMBRAPA - *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, 1999.

IBGE - *Censo Demográfico IBGE 2000*.

RADAMBRASIL *Volume 34*, Edição Fac-similar. Rio de Janeiro. IBGE, 1987. (Cd-Rom)

RODRIGUES, Cleide; ADADI, Samuel, *Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas*. In: VENTURI Luis A. B. *Praticando a Geografia: técnicas de Campo e Laboratório em geografia e análise ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, pp. 147 -166.

SOUZA, Carla J. de O. *Interpretação Morfotectônica da Bacia do Rio Doce*. Dissertação do curso de Mestrado do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, 1995, 144 f.

STRAUCH, N. *A Bacia do Rio Doce*. Rio de Janeiro: IBGE. 1955. 199 p.

¹ Bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. Tal conceito abrange todos os espaços de armazenamento, de circulação e saídas de água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais (Coelho Neto, 2001).

² A vazão ou débito é o volume de água que passa numa determinada seção ou setor do rio, geralmente, expressa por m³/s (metro cúbico por segundo). É obtida normalmente pela observação de uma régua fixa em um ponto do rio e/ou medida automaticamente com base nos parâmetros da superfície da seção molhada, perfil transversal do rio, profundidade e velocidade média da corrente em um determinado setor ou ponto do rio sendo expresso por: $Q = \sum V_i \cdot A_i$, onde: Q = Vazão total; A_i = Área da seção transversal; V_i = Velocidade média na área nº i. Nesse estudo o setor é a Estação de Colatina no município de mesmo nome no Espírito Santo.

³ Através do Site <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

⁴ De acordo com o Artigo 20, parágrafo III da Constituição Federal. " São bens da União: [...] III. os lagos, rios e quaisquer correntes de águas em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os territórios marginais e as praias fluviais; VIII. os potenciais de energia hidráulica".

⁵ Segundo o IBGE (2000) as RMEs - Regiões Metropolitanas Emergentes são caracterizadas por uma aglomeração urbana integrada, no qual para se constituir é necessário que apresente uma densidade populacional igual ou superior a 60 hab./km² e tenham um percentual de população economicamente ativa igual ou superior a 65% da PEA total.

⁶ A situação hídrica está relacionada não somente à quantidade da água disponível, mas também a sua qualidade, uma vez que padrões mínimos de qualidade determinam os usos da água: preservação de organismos aquáticos e terrestres, abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação, abastecimento industrial, diluição de efluentes, etc. Várias são as finalidades da utilização dos dados hidrológicos como: escolha de manancial para abastecimento de água, seja para uso doméstico ou residencial; projeto de construção de obras hidráulicas; drenagem; irrigação; regularização de cursos d'água e controle de instrumentos; controle de poluição; controle de erosão; navegação fluvial; aproveitamento hidrelétrico; recreação e preservação do meio ambiente; preservação e desenvolvimento da vida aquática.

⁷ Outro destaque foi à cheia de Janeiro de 1979 com a vazão diária de superior a 11.000 m³/s, valor não registrado nesse dia.

⁸ Processo comum das Usinas Hidrelétricas nos países tropicais, como é o caso do Brasil, é reter parte das águas em seus reservatórios com o propósito de manter a capacidade de geração de energia, mesmo nos períodos de estiagens mais prolongados o que resulta em uma diminuição mais acentuada da vazão a jusante da barragem.

⁹ No início deste ano (2006) ocorreu o preenchimento do reservatório da UHE de Aimorés, a montante da UHE de Mascarenhas, que com certeza provocará efeitos semelhantes, ao longo dos próximos anos, porém, com uma redução de vazões ainda mais acentuada.

¹⁰ A intenção de apresentar valores estimados dos anos entre 78 a 82, foi com objetivo de melhor obter o cálculo da Curva Tendência.

¹¹ Cf. BRANDT, S. A., Classification of Geomorphological Effects Downstream of Dams p 378.

¹² Ibid., p. 378.

¹³ No final da década de 90 com houve a ampliação da indústria de celulose no município de Aracruz (ES) resultando em uma maior demanda por água para o processo de produção da pasta de celulose que foi solucionada com a construção de um canal de captação de água do rio Doce passando a partir de então, transpor parte de suas águas para a bacia do rio Riacho. No rio riacho o curso de suas águas toma a direção de um tributário, o rio Gimuna, passando a correr no sentido contrário em direção à Estação Elevatória na qual a água é levada por meio de bombas para um reservatório da indústria situado em nível superior ao terreno circundante (nos tabuleiros costeiros). Nesta complexa rede de canais com mais de 40km de extensão existem comportas de controle de vazão da água evitando possíveis inundações na planície, e ao mesmo tempo, dependendo dos períodos de estiagens prolongadas, há a possibilidade de aumentar a vazão de água em direção ao reservatório da referida indústria. Praticamente não existe qualquer controle pelos órgãos fiscalizadores da quantidade diária de água retirada do rio Doce. Conforme os dados do RIMA elaborado pela da empresa CEPEMAR, o consumo de toda a atividade industrial (somente da indústria ampliada) é de 248 mil metros cúbicos de água dia, gastando o equivalente ao consumo de 2,5 milhões de habitantes, que consomem 100 metros cúbicos de água. Portanto o consumo desta nova fabrica equivale a mais de 80% do consumo total da população do Espírito Santo que é de 3,1 milhões de habitantes (IBGE, 2000).