

FLUXOS DE ÁGUA E SEDIMENTOS A COSTA LESTE DO BRASIL: RELAÇÕES ENTRE A TIPOLOGIA E AS PRESSÕES ANTRÓPICAS.

SOUZA, W.F.L. & KNOPPERS, B.

Departamento de Geoquímica, UFF. Morro do Valonguinho s/n 24020-007 Niterói-RJ,
geowfls@vm.uff.br

ABSTRACT

This study focuses on the fluvial inputs of water and suspended sediments along the East Brazil Coastal Zone (EBCZ). The EBCZ stretches along 2,000 Km from the São Francisco river mouth (SFR) in the north (~10.5° S) to the Paraíba do Sul river mouth (PSR) in the south (~22° S). It is drained by the SFR basin ($A_B = 634,000 \text{ km}^2$), with the 2700 Km long São Francisco river operating as a single point source at the coast and the East Atlantic Basin (EAB; $A_B = 545,000 \text{ km}^2$), drained by 35 rivers ($A_B > 1,000 \text{ km}^2$), including the medium sized Contas, Jequitinhonha, Doce and Paraíba do Sul.

Long term hydrographs and available data on suspended matter were analyzed and estimates for EBCZ resulted in a total water input of $5,010 \text{ m}^3/\text{s}$ (SFR = $2,250 \text{ m}^3/\text{s}$), and runoff from 15 to $516 \text{ mm}/\text{yr}$ for 30 rivers studied, and sediment yields range from 0.4 to $220 \text{ t}/\text{km}^2/\text{yr}$, for 14 rivers studied. Lowest yields were found for SFR and 5 other rivers of the northern dryer section of EAB and dams set close to the coast. Highest yields were encountered for the rivers in the more humid southern section of EAB and dams set further inland. Human impacts were discerned by comparing pre- and post-dam hydrographs with geomorphological relations, revealing the impact of different operational strategies in reservoir water management upon the river flow and material input to the coast. Most critical changes were induced by the late Xingó dam of SFR, which adopted a near to constant flow output, dampening seasonal variability, and also diminished river flow to $2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ and suspended matter concentrations of $5 \text{ mg}/\text{l}$ close to the river mouth.

RESUMO

Este estudo focaliza nos fluxos fluviais de água e sedimentos em suspensão a Costa Leste Brasileira (CLB). A CLB se estende por aproximadamente 2.000 Km da foz do Rio São Francisco (RSF) no norte (~10.5° S) até a foz do Rio Paraíba do Sul (RPS) no sul (~22° S). Nela drenam a bacia do RSF ($A_B = 634.000 \text{ km}^2$), com 2700 Km de comprimento, atuando como uma fonte pontual à costa, e a bacia do Atlântico Leste ($A_B = 545.000 \text{ km}^2$), drenada por 35 rios ($A_B > 1.000 \text{ km}^2$), incluindo os rios de médio porte Contas, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul.

Hidrografos de longo período e dados sobre a matéria em suspensão foram analisados e as estimativas resultaram em um aporte total de água de $5.010 \text{ m}^3/\text{s}$ (Rio São Francisco; RSF = $2.250 \text{ m}^3/\text{s}$) para toda a Zona Costeira Leste do Brasil (ZCLB), com faixas de runoff de 15 a $516 \text{ mm}/\text{ano}$ para os 30 rios estudados, uma faixa da produção específica de matéria em suspensão (PEMS) de 0,4 a $220 \text{ t}/\text{km}^2/\text{ano}$ para os 14 rios estudados. Menores valores da PEMS foram encontrados para o RSF e 5 outros ao setor norte, mais seco, da ZCLB com barragens localizadas próximas a costa. Maiores rendimentos foram encontrados ao sul, mais úmido, e com barragens mais ao interior. A pressão das atividades humanas nas últimas 6 décadas do Antropoceno foram determinadas em função de hidrografos antes e após as barragens e através da comparação com relações geomorfológicas obtidas na literatura, e revelaram as diferentes estratégias de funcionamento dos reservatórios e respostas das bacias e processo erosivos frente aos fluxos de água e materiais a zona costeira. As alterações mais drásticas foram observadas no RSF induzidas pela barragem de Xingó, que reduziu de forma acentuada a variabilidade nos fluxos de água, em torno de $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$, e com concentrações de sedimentos em suspensão a jusante na ordem de $5 \text{ mg}/\text{l}$.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem continentais representam dentro dos compartimentos globais (Litosfera, Hidrosfera, Atmosfera) a principal via de transporte, entre os continentes e os oceanos, de água, sedimentos e outros materiais (tais como nutrientes, metais e poluentes sob as formas dissolvidas e particuladas). Tais transferências de materiais são governadas por múltiplos fatores como o clima, a vegetação, morfologia e orografia das bacias de drenagem dentro dos processos naturais que moldaram os sistemas de drenagem ao longo do Holoceno (Hay, 1998; Mulder & Syvitski, 1996; Milliman & Syvitski, 1992).

Estimativas dos fluxos fluviais de água e sedimentos, estão na ordem de 35000 Km^3 e $18 \times 10^9 \text{ t}$ de sedimentos em suspensão, respectivamente, e englobam em sua maior parte, extrapolações das descargas específicas de água e sedimentos dos grandes rios mundiais. Os milhares de rios de pequeno porte ($A_B < 10000 \text{ Km}^2$) drenam aproximadamente 20% da superfície continental, e o somatório de seus aportes contribuem de forma muito mais significativa aos fluxos de materiais para a zona costeira do que o anteriormente esperado. Na América do Sul, a representatividade dos rios de menor porte é extremamente baixa e as estimativas dos fluxos de materiais são baseadas primordialmente nos aportes das duas maiores bacias amazônicas (Amazonas e Orinoco) e da bacia do Paraná que em conjunto drenam 57% dos $17 \times 10^6 \text{ km}^2$ do continente e com aportes, da água e sedimentos, na ordem de 8100 Km^3 e $1700 \times 10^6 \text{ t/ano}$, respectivamente (Milliman & Meade, 1983; Milliman & Syvitski, 1992; Milliman, 2001). Os restantes 43% da superfície continental sul-americana (aproximadamente $7,3 \times 10^6 \text{ km}^2$) são freqüentemente negligenciados e representam bacias de pequeno e médio porte que carecem de melhores informações qualitativas e quantitativas sobre seus aportes e potencial de fertilização a zona costeira, como as bacias do Atlântico Leste Brasileira ($A_B = 0,54 \times 10^6 \text{ Km}^2$) e do Rio São Francisco ($A_B = 0,63 \times 10^6 \text{ Km}^2$).

A documentação dos fluxos de materiais destas duas importantes bacias hidrográficas

Brasileiras representa uma interminável tarefa visto que as pressões antrópicas sobre os recursos hídricos têm progressivamente aumentado, alcançando um patamar em que os sistemas de drenagem não podem ser mais definidos somente pelas relações climáticas e morfológicas naturais. Dentre as diversas atividades humanas que exercem pressão sobre as bacias de drenagem, alterando a pulsação, magnitude e natureza do aporte de água e sedimentos a Zona Costeira Leste do Brasil, se encontram o desmatamento e o represamento dos rios.

Embora de escassa documentação e quantificação ao nível de bacias hidrográficas a literatura identifica a crescente pressão do desmatamento, para pastagens e a agricultura, em especial as monoculturas de eucalipto e cana de açúcar, e a construção de barragens para irrigação, abastecimento e geração de energia. Dados sobre o desmatamento da Mata Atlântica revelam que entre 1940 e 2000, 85% da cobertura vegetal foi perdida, restando apenas 5% de sua cobertura original (Fundação Mata Atlântica, 1998; Knoppers et al., 1999a). A construção de barragens foi iniciada no início do século passado, e teve seu pico durante o milagre econômico brasileiro, décadas de 60-80, e embora de documentação muito dispersa chega a contabilizar, para a Costa Leste Brasileira, centenas de pequenas, médias e grandes barragens. Estas estimativas podem representar um número de 2 a 3 vezes superiores aos relatados, considerando-se os reservatórios de pequeno porte e irregulares, em geral não computados nas estimativas oficiais, e de que cerca de metade dos rios analisados possuem algum tipo de represamento que não é relatado na literatura (Souza, 2002). A recente crise energética do ano de 2000/2001 e a crescente demanda de recursos hídricos, em especial no semi-árido nordestino, deve promover maiores investimentos no setor, que no ano de 2000 contabilizava 622 grandes barragens (de altura maior que 15 m) em todo o território nacional, com 24 novas grandes barragens em construção no período 99-00 (ICOLD, 2000).

Este trabalho representa a primeira quantificação dos fluxos e rendimentos de água e sedimentos em suspensão a Zona Costeira Leste do Brasil. A avaliação das pressões antrópicas

sobre as bacias de drenagem é realizada através da análise das vazões de longo período, e das relações geomorfológicas com os fluxos de água e sedimentos. Tais relações hidráulico-morfológicas desenvolvidas nos estudos de engenharia hidráulica (Leopold & Maddock, 1957; Alen, 1985) tem sido uma importante ferramenta na análise e caracterização das mudanças ambientais (Hay, 1998; Mulder & Syvitski, 1996; Milliman & Syvitski, 1992). Estas relações podem fornecer estimativas da magnitude dos fluxos e informações a respeito da adequação dos fluxos reais a bacias de mesmas classes geomorfológicas. Desvios nas relações esperadas podem ser interpretados, em conjunto com outras informações, como alterações devidas as atividades humanas sobre as bacias.

ÁREA DE ESTUDO

Costa Leste Brasileira

A costa leste brasileira (Figura 1), definida neste estudo entre a foz do rio São Francisco (10,3 °S) e o cabo de São Tomé (22 °S), abrange a costa dos estados do Sergipe, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (parte) com um comprimento aproximado de 2.000 Km (ANEEL, 1999). Nela drenam duas importantes bacias hidrográficas brasileiras, as bacias do Rio São Francisco ($A_B = 0,63 \times 10^6 \text{ km}^2$) e do Atlântico Leste ($A_B = 0,55 \times 10^6 \text{ km}^2$) que representam 7,4 % e 6,4 % do território, respectivamente. Somadas estas bacias abastecem em torno de 25 % da população brasileira e apresentam uma disponibilidade hídrica de 21 m³/ hab.dia, bacia do Rio São Francisco, e 10 m³/ hab.dia, bacia do Atlântico Leste (ANA, 2002). Embora possam ser consideradas altas, tais disponibilidades não apresentam uma boa distribuição e resultam em regiões com excedentes hídricos e outras com elevada escassez destes recursos. Como resultado disto os impactos antrópicos agem de forma

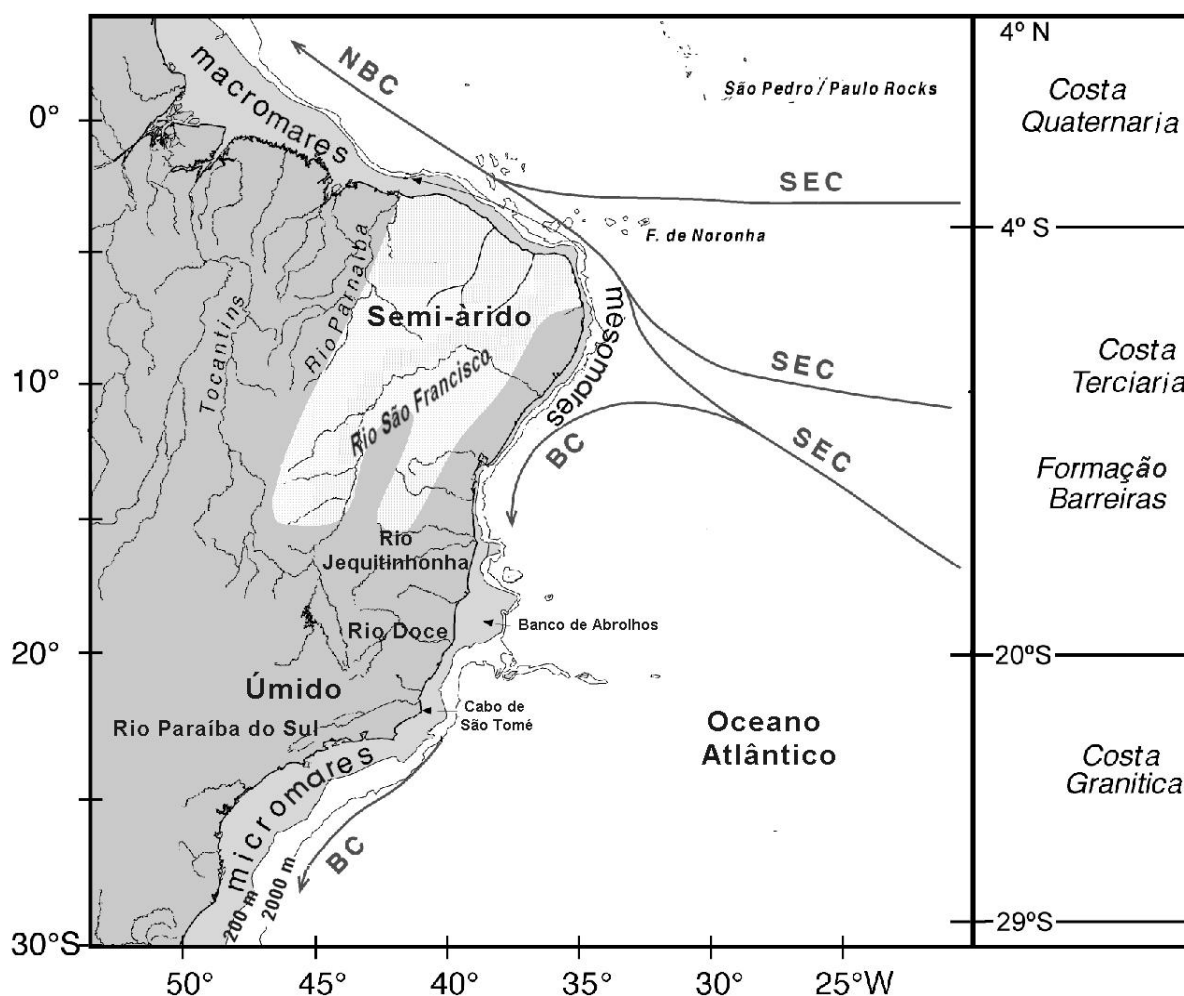


Figura 1 – Bacias do Rio São Francisco e do Atlântico Leste e características geológicas, climáticas e oceanográficas da área de estudo.

diferenciada nestas regiões levando a um elevado número de reservatórios para a produção de energia hidroelétrica (Figura 2A) e inúmeras barragens de pequeno a grande porte para o abastecimento das populações e em projetos de irrigação. Outros impactos importantes sobre as bacias de drenagem incluem os desmatamentos (Figura 2B), as técnicas inadequadas de conservação do solo e a ausência de saneamento básico que levam a alterações nas condições naturais dos fluxos de materiais para a plataforma continental.

Geologia

Remanescentes do escudo brasileiro de idade Pré-cambriana, são responsáveis pela distinção da bacia hidrográfica do rio São Francisco, considerada como uma unidade separada e localizada mais ao interior do continente fluindo paralelamente a costa por detrás da bacia hidrográfica do Atlântico Leste (Milliman 1975; ANEEL 1999). Ao leste-sudeste as formações graníticas cristalinas, de maior magnitude, Serra do Mar, Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, se afastam da costa e vão dando lugar aos Planaltos do Sul de Minas e da Zona da Mata enquanto na faixa litorânea surgem os depósitos terció-quaternários, em especial a formação do grupo Barreiras, que em geral é estreito com poucos quilômetros de largura (Guerra, 1962; Martin *et al.*, 1996; Lacerda *et al.*, 1993; ANEEL, 1999; Knoppers *et al.*, 1999b). As formações características ao longo da costa vão dos estuários do tipo rias com manguezais (Herz, 1991), recifes de arenitos marginais à costa e bancos de recifes de corais, incluindo-se nestes os de Abrolhos (Leão 1996; Wells 1988).

Clima

A diversidade climática encontrada nas bacias do Rio São Francisco e na bacia do Atlântico leste ocorre em função de seu posicionamento em relação aos sistemas de circulação atmosférica, anticiclone tropical do Atlântico Sul e o anticiclone polar. Três tipos predominantes de clima são encontrados na bacia do rio São Francisco; tropical úmido, nos planaltos interiores; tropical semi-árido, nas planícies sertanejas do médio e sub-médio São Francisco e tropical semi-úmido, na região

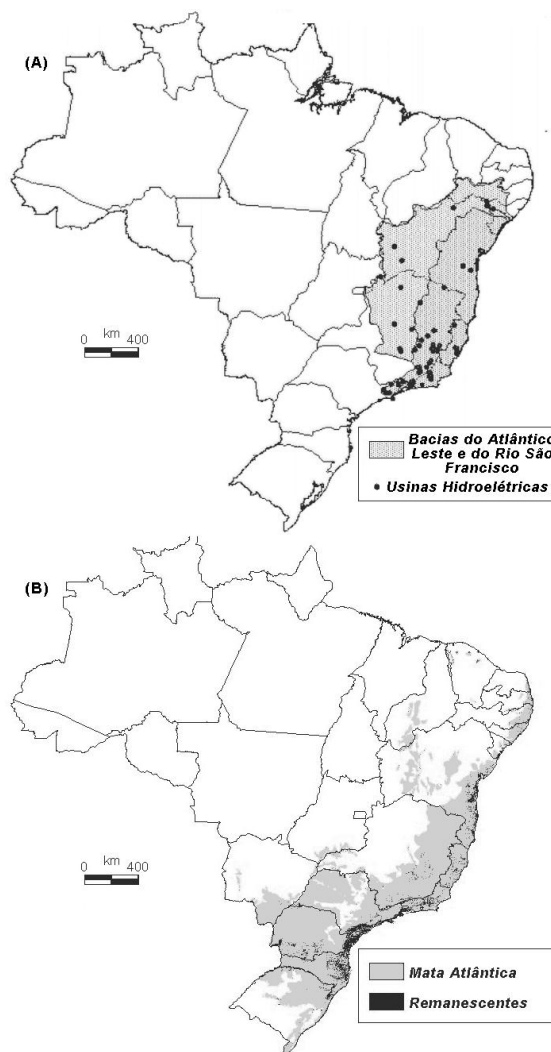


Figura 2 – Usinas hidroelétricas nas bacias do Rio São Francisco e do Atlântico Leste (A) e remanescentes florestais da Mata Atlântica (B). Adaptado de ANA (2002) e Fundação Mata Atlântica (1998).

costeira. As precipitações variam de 1550 mm/ano nas cabeceiras a 650 mm/ano na região semi-árida mais ao noroeste da bacia. A bacia do Atlântico leste apresenta um grande gradiente climático, se estendendo em zonas de clima tropical quente, úmido, semi-úmido e semi-árido, no sentido Sul-Norte. As bacias do extremo sul da área de estudo apresentam precipitações na ordem de 1500 mm/ano em suas cabeceiras (rios com cabeceiras nesta região: Paraíba do Sul, Itabapoana, Itapemirim, Doce e Jequitinhonha). No litoral mais ao sul (rios Paraíba do Sul, Itabapoana, Itapemirim) e em direção noroeste (médio curso dos rios Doce e Jequitinhonha) o clima tropical úmido (Aw) predomina. Já o baixo curso, rios Doce, Jequitinhonha e pequenos rios da região central da área de estudo, estão sujeitos a um clima de temperatura mais elevada e sem estação seca (Af). Mais ao Norte os rios de maior

área de drenagem, i.e. Contas, Paraguaçu, estão sujeitos ao clima semi-árido de temperaturas mais altas e chuvas escassas no inverno (BSh), onde as precipitações são da ordem de 600 mm, e seus baixo curso e pequenos rios da costa apresentam um clima de chuvas de inverno e outono com temperaturas elevadas (As), Figura 1, ANEEL (1999).

MATERIAIS E MÉTODOS

Fluxos de Água e Sedimentos

Informações a respeito da descarga de água e sedimentos em suspensão das estações fluviométricas mais próximas à costa dos rios pertencentes as bacias do Atlântico Leste e do Rio São Francisco (Figura 3), foram obtidas junto a ANA (2002). O critério básico da escolha dos cursos de água levou em conta a área da bacia de drenagem, sendo escolhidos os rios de drenagem superior a 1.000 Km² (Tabela 1), uma vez que os demais rios de menor porte apresentam uma escassez de informações e contribuem com aproximadamente 10 % da área de drenagem total (Souza, 2002).

Os dados obtidos junto a DNAEE/ ANEEL/ANA foram armazenados no software de banco de dados HIDRO 1.0 (ANEEL) que permitiu o cálculo de médias, geração de séries temporais e cálculos da vazão, por soma e/ou transferência, entre outras funções, gerando médias mensais das informações diárias para toda a série temporal disponível. Embora os dados de uma forma geral tenham sido tratados sob este procedimento, os brancos das planilhas foram preenchidos, quando possível, com descargas calculadas a partir das cotas disponíveis, através de curvas chave. Estas foram computadas quando da existência de resumos de descarga, arquivos de calibração da descarga em relação a régua limnimétrica, para o período necessário, através de funções de potência ajustadas sazonalmente, temporalmente ou em relação a altura da régua quando necessário (DeGagne, 1996; Dingman, 1994; Jacon & Cudo, 1989; Souza, 2002).

Os dados de sedimento em suspensão por sua vez, foram também tratados através de curvas de potência ajustadas sazonalmente,

temporalmente ou em relação a vazão quando necessário. O procedimento descrito na literatura (Cohn, 1995; Asselman, 2000 USGS, 2001) foi obtido através da geração de correlações entre o logaritmo da vazão e aquele da concentração dos sedimentos. A curva gerada, foi aplicada a série de vazões disponíveis, para o período de medições da concentração dos sedimentos em suspensão. Aos resultados obtidos foi utilizado um procedimento de retransformação (*smearing estimator*, não-paramétrico) do logaritmo da concentração para a concentração real, em mg/l (Cohn, 1995; USGS, 2001.).

Neste trabalho são adotadas as convenções de descarga de água (volume por tempo; i.e. km³/ano) e sedimentos (massa por tempo; i.e t/ano) e descarga específica de água (Runoff; mm/ano) e sedimentos (produção específica de matéria em suspensão – PEMS; t/km².ano). As descargas específicas são em geral utilizadas para a comparação das descargas entre bacias de drenagem de diferentes magnitudes através da normalização pela área de drenagem. Entre outros sinônimos aplicados a descarga específica de sedimentos, aqui definida como PEMS, encontram-se os termos rendimento (yield), rendimento de sedimentos (sediment yield), rendimento específico (specific yield), produção de sedimento, contribuição de sedimento e rendimento sólido (Milliman & Syvitski, 1992; Carvalho et al. 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das descargas de água (Q) revelam a elevada contribuição da descarga de água doce do rio São Francisco (71 km³/ano) em um total de 158 Km³/ano de todos os 30 rios analisados, Figura 4 (A). No entanto o mesmo não é observado para a descarga de sedimentos em suspensão, Figura 3(B), onde em um total de 19,8 x 10⁶ t/ano de todos os 14 rios analisados apenas 0,7 x 10⁶ t/ano são oriundas do rio São Francisco, e os rios Jequitinhonha, Mucuri, Doce e Paraíba do Sul são identificados como as maiores fontes pontuais de sedimentos a Zona Costeira Leste do Brasil, Figura 4(B). Tais resultados indicam o significativo impacto da barragem de Xingó, localizada a apenas 180 Km da foz, na retenção do material em suspensão do rio São Francisco, e as elevadas contribuições

derivadas da erosão/perda de solos dos rios citados acima (Souza, 2002; Medeiros, 2003; Knoppers et al., 2004).

O runoff médio observado foi de 229 mm/ano, com faixa de 15 a 516 mm/ano, Figura 5(A), parecem ser concordantes frente ao

gradiente climático Ns-S, do semi-árido a úmido, aos impactos sobre o rio São Francisco e a importância dos rios de pequeno porte e de clima úmido próximos a costa (i.e. Piauitinga, Una, Almas, Cachoeira). A produção específica de matéria em suspensão (PEMS; Figura 5B) para os rios que aportam a Costa Leste Brasileira é

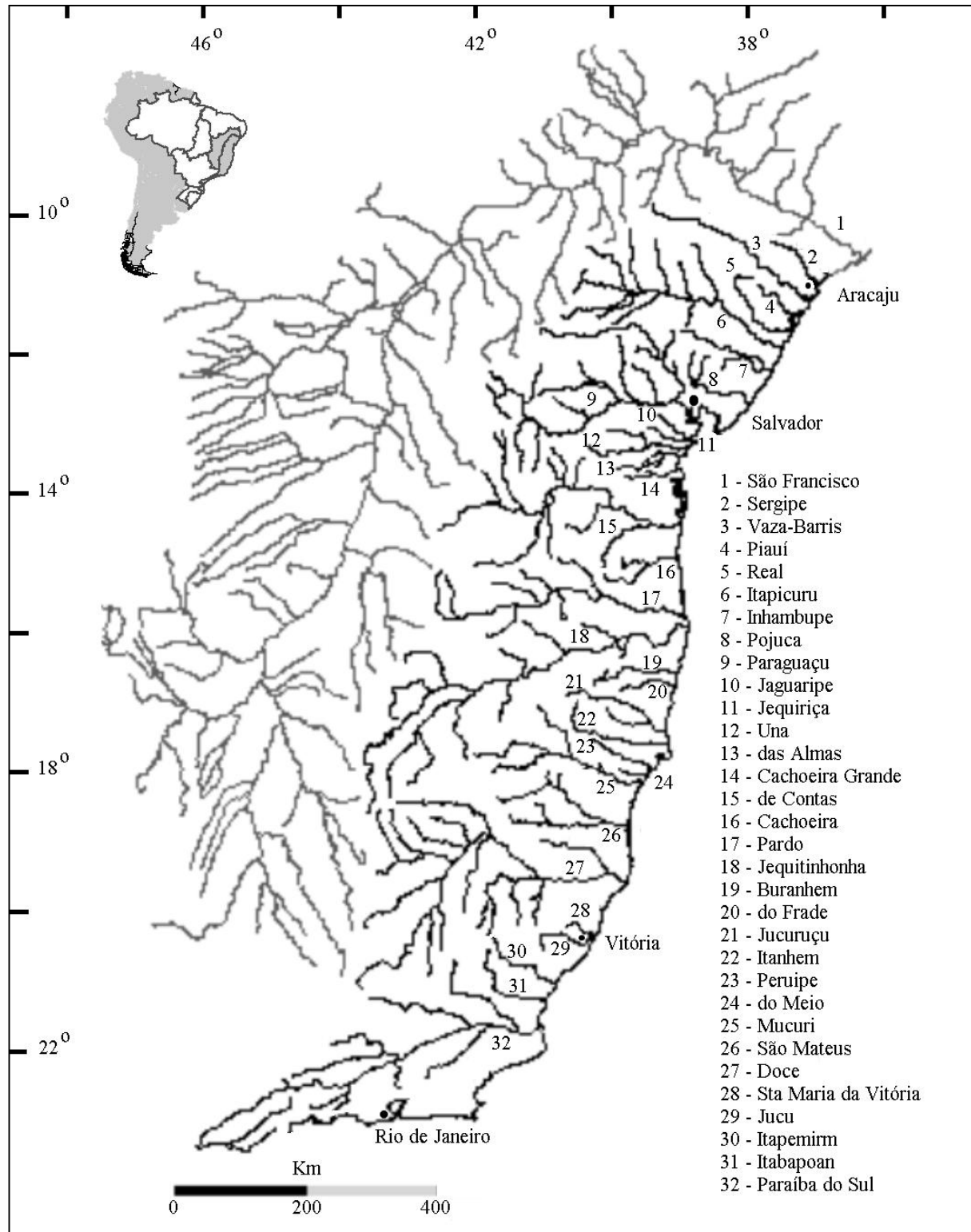


Figura 3 – Localização dos rios analisados que aportam a zona costeira Leste do Brasil.

Tabela 1 – Latitude da foz, área de drenagem e período de amostragem nas estações de descarga e sedimentos em suspensão dos rios da costa leste brasileira.

Rio	Foz		Descargas			Sedimentos em Suspensão		
	Lat. (°S)	Long. (°N)	Código estação	Área Km ²	Período	Código estação	Área Km ²	Período
São Francisco	10,45	36,43	49660000	622600	38-99	49660000	622600	99-00
Sergipe	10,78	37,20	50080000	1960	72-99			
Vaza Barris	11,08	37,33	50191000	15740	71-99			
Piauí/Piauítinga	11,27	37,47	50230000	440	49-99	50230000	440	93-00
Real	11,49	37,50	50290000	4320	66-99			
Itapicuru	11,75	37,58	50595000	35150	64-99	50540000	28345	98-00
Inhambupe	12,08	37,67	50660000	4140	66-99			
Pojuca	12,58	38,00	50795000	4860	61-98			
Paraguaçu	12,75	38,92	51490000	53866	64-78	51460000	10560	92-00
Jaguaripe	13,07	38,92	51560000	1480	49-99			
Jiquiriçá	13,25	38,92	51685000	5970	55-99			
Una	13,33	39,08	51795000	1280	69-99			
Almas	13,67	39,08	51890000	2830	57-99			
Cachoeira Grande	13,83	39,00	51940000	310	69-99			
Contas	14,25	39,00	52830000	56290	35-99	52831000	56290	92-00
Cachoeira	14,8	39,06	53180000	3695	73-01	53170000	3580	92-00
Pardo	15,67	38,92	53950000	30360	36-01	53880000	28950	93-00
Jequitinhonha	15,85	38,90	54950000	67769	36-01	54780000	63300	71-00
Buranhém	16,50	39,08	55170000	2324	70-01			
Jucuruçu	16,25	39,33	55340000	3048	73-01			
			55380000	1186				
Itanhém	17,53	39,22	55490000	5084	68-01	55460000	3515	98-00
Peruipe	17,73	39,33	55510000	2841	73-00	55510000	2841	98-01
Mucuri	18,08	39,50	55699998	12799	43-01	55630000	9607	72-00
São Mateus	18,33	39,75	55960000	11793	74-00	55850000	6732	82-00
Doce	19,67	39,75	56994500	75800	39-98	56994500	75800	76-00
Sta Maria Vitória	20,30	40,34	57130000	997	49-99			
Jucu	20,34	40,29	57230000	1690	71-99			
Itapemirim	21,08	40,75	57555000	4601	57-99			
Itabapoana	21,33	41,00	57930000	3781	69-99			
Paraíba do Sul	21,48	41,02	58974000	55500	34-99	58974000	55500	89-00

baixa, com média de 41 t/km².ano, variando de 0,4 a 220 t/km².ano. Uma produção significativa de sedimentos em suspensão é observada para os rios Mucuri (220 t/km².ano) e Doce (110 t/km².ano) sendo seguidos pelos rios Jequitinhonha (78 t/km².ano) e Paraíba do Sul

(69 t/km².ano). Nos demais rios a produção específica de matéria em suspensão foi inferior a 50 t/km².ano sendo que para os rios São Francisco, Itapicuru, Paraguaçu e Contas, os valores oscilaram entre 0,4 a 2,5 t/km².ano, ressaltando os impactos da retenção de

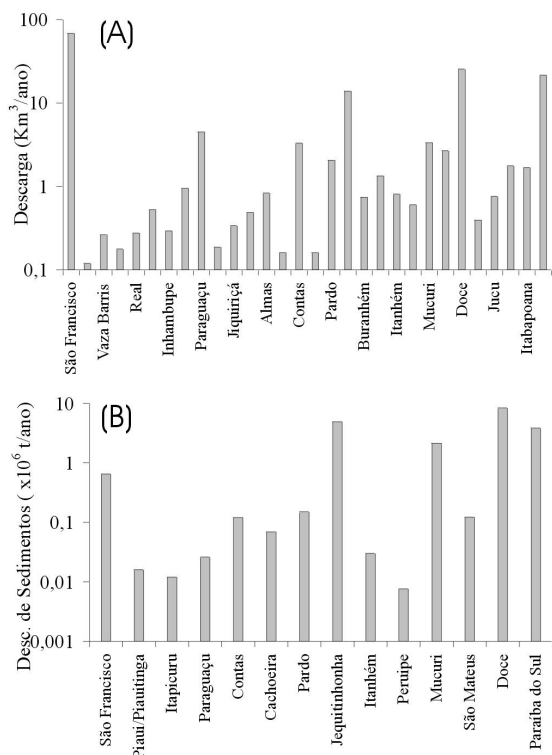


Figura 4 – Descarga de água (A) e Sedimentos (B) das bacias analisadas da Zona Costeira Leste do Brasil.

sedimentos em suspensão oriunda das barragens, Figura 5(B).

Variacão Temporal e Alterações nas Descargas

A análise das séries temporais da vazão não permite a clara distinção dos processos naturais e antrópicos que atuam sobre as oscilações históricas. Alguns indícios das alterações induzidas pelo homem podem ser observados, mas em geral, estas ações são bastante difusas e só quando de uma intervenção pontual de grande escala, i.e. barragem de Xingo no rio São Francisco, a origem das oscilações nas vazões é claramente distinguida (Figura 6). Em uma análise estatística paramétrica (teste *t* de Student) e não paramétrica (teste U de Mann-Whitney) entre os dez anos iniciais e finais das séries temporais disponíveis, foi demonstrado que ao nível de significancia de 5% (Figura 7), os rios São Francisco, Piauitinga, Jaguaripe, Jequiriça, Una, Almas, Doce e Paraíba do Sul apresentaram vazões com diferenças significativas.

Kane (1998) revela em seu estudo, com

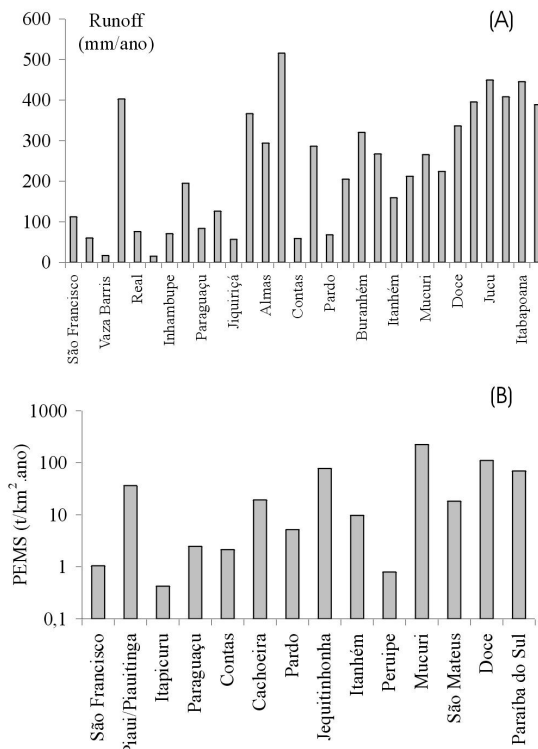


Figura 5 – Runoff (A) e Produção específica de matéria em suspensão (PEMS – (B)) das bacias analisadas da Zona Costeira Leste do Brasil.

séries da pluviosidade entre 1951 e 1985 do nordeste brasileiro, que grande parte das oscilações periódicas, originadas principalmente pelas anomalias na temperatura da superfície do mar (SST) e alterações no posicionamento da zona de convergência intertropical (ITCZ), ocorre em 2,6 anos, embora também possam ser significativas as oscilações de 3,4 e 9,6 anos. Já Caetano et al. (2001) mostra em seu estudo sobre a bacia do rio Paraíba do Sul, que entre os anos de 1976 e 1991, a precipitação apresentou um desvio padrão da ordem de 15%. De uma forma geral as transferências, expressas pelo autor em uma razão vazão/precipitação, foram sempre inferiores a 0,5. Somente quando de uma intensa estiagem esta alcançou um patamar de 2,0 devido ao efeito regulador das vazões promovido pela represa do Funil.

A extensão dos períodos dos registros de vazão e a ausência de alguns resultados na amostragem dos rios que aportam a costa leste brasileira é um complicador para a decomposição dos fatores climático/antrópico, das oscilações nas vazões. De uma forma geral apenas os rios de médio porte, Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha, São Francisco (Figura 6) apresentam séries temporais desde a década de

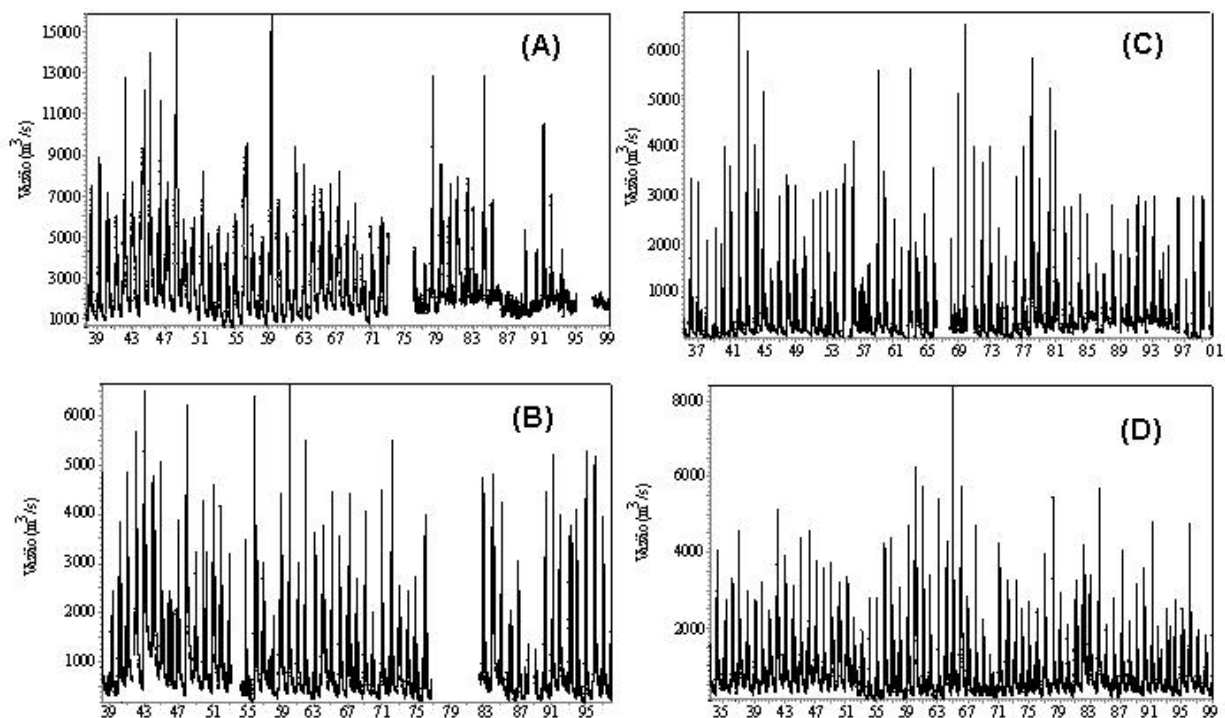


Figura 6 – Séries temporais da vazão dos quatro principais rios que aportam a zona costeira Leste do Brasil. (A) São Francisco, (B) Jequitinhonha, (C) Doce e (D) Paraíba do Sul. Note a evolução das vazões para o rio São Francisco (A) desde a década de 50, início da construção das barragens, e a drástica redução nas vazões após 1994, com a implementação da barragem de Xingó.

40, nos restantes, somente a partir da década de 70. Devido a estes fatores a comparação entre as médias antigas e recentes é extremamente prejudicada, em face de grande defasagem de informações entre os diferentes rios analisados.

Relações entre as Descargas e a Tipologia

Em ambientes naturais os fluxos continentais de água e sedimentos em suspensão são controlados por diversos fatores climáticos, hidrológicos, morfológicos e geológicos, tais como: precipitação, temperatura do ar, altura, relevo, inclinação, forma das bacias, formações geológicas, características mineralógicas. Milliman & Syvitsky (1992) mostraram claramente a distinção dos rendimentos de sedimento em suspensão (descarga específica), quanto a estas diferentes características morfológicas das bacias de drenagem (altura da nascente, comprimento, inclinação média), e que mesmo pequenas bacias de regiões montanhosas podem apresentar rendimentos e ter aportes somatórios em muito superiores ao de grandes rios (Milliman, 1991; Hay, 1998)

Em virtude das bacias mais ao sul se encontrarem em climas mais úmidos,

apresentarem alturas de nascente mais elevadas e maiores inclinações médias, em virtude da proximidade à costa dos complexos cristalinos, as bacias da Costa Leste Brasileira, deveriam portanto responder, tanto em magnitude dos fluxos de materiais quanto em seus rendimentos, a um gradiente decrescente de sul para norte. Este se justificaria. No entanto um complicador natural desta generalização se encontra na presença, em especial na região central, de rios trans-fronteiriços entre o clima semi-árido do interior e clima mais úmido da costa e rios de menores bacias que drenam somente a região úmida do litoral.

Água

O gradiente climático norte/sul da área de estudo, observado em relação a latitude da foz dos rios, não apresentou correlação significativa com as descargas (Q). Muito da dispersão observada entre a descarga e a latitude da foz parece ser explicada pelas correlações entre a vazão e morfologia das bacias (área, $r^2 = 0,91$; comprimento, $r^2 = 0,95$) enquanto que as características orográficas (altura da nascente e máxima) parecem não ter significativa relação com o escoamento para os rios estudados (Figura

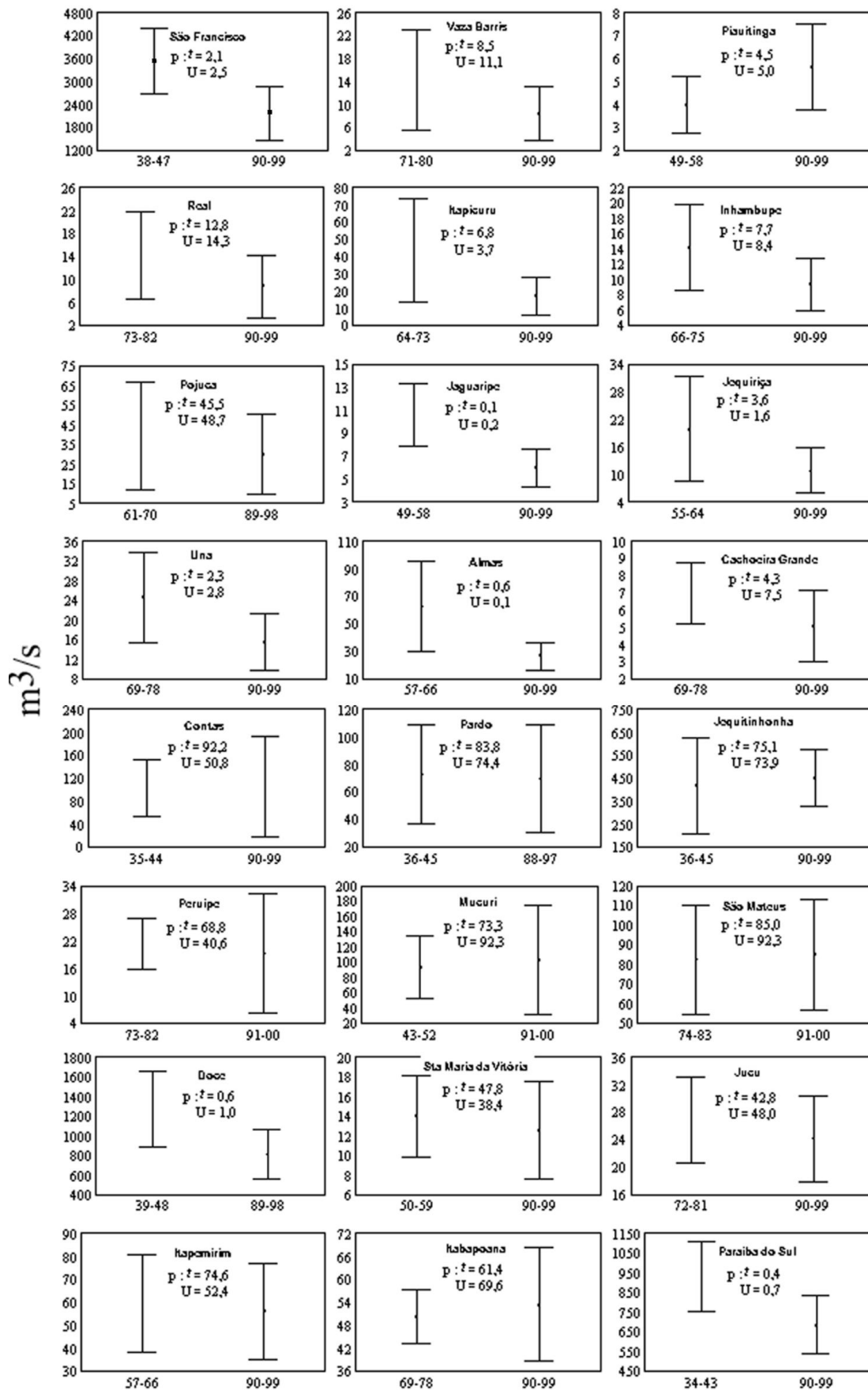


Figura 7 – Comparação das médias anuais ± desvio padrão dos períodos inicial e final dos registros de vazão, dos rios que aportam a zona costeira Leste do Brasil. Obs: Diferentes escalas. P = probabilidade percentual de erro em rejeitar a hipótese nula (não há diferenças); t = teste t; U = teste U.

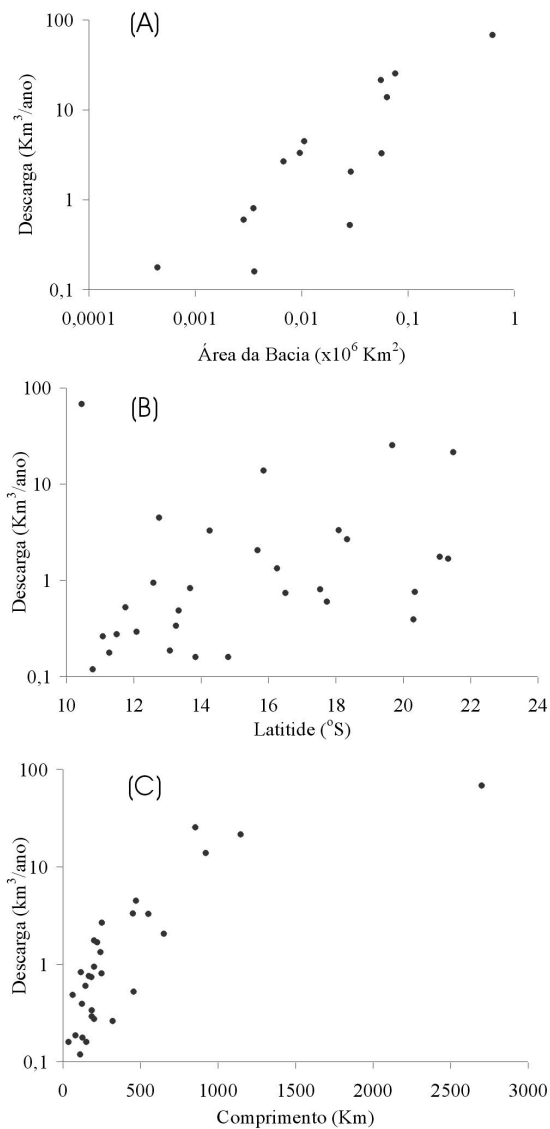


Figura 8 – Relação da descarga de água com a área da bacia de drenagem (A), latitude da foz (B) e comprimento (C) dos rios das bacias da costa leste brasileira.

9 e Tabela 2) que são consistentes aos resultados de Mulder & Syvitsky (1996). Estes resultados revelam a pequena importância dos rios de bacia menor do que 1000 Km² e que apesar da presença de rios sob diferentes regimes climáticos (i.e úmido vs semi-árido) e dos impactos das barragens, os parâmetros tipológicos relacionados ao tamanho das bacias ainda são dominantes sobre a magnitude dos fluxos de água doce.

A análise do runoff das bacias de drenagem estudadas na costa leste brasileira (Figura 9 e Tabela 2), revela uma tendência geral a um aumento em direção ao sul ($r^2 = 0,75$) que revela, de forma mais clara, o gradiente climático

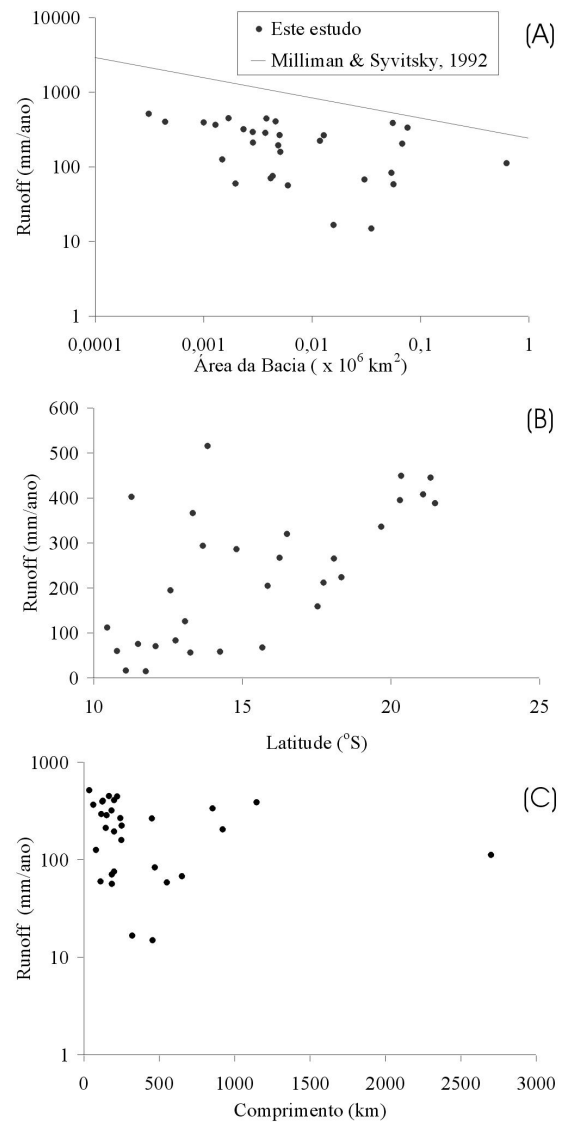


Figura 9 – Runoff dos rios analisados na costa leste brasileira e sua distribuição em relação à área da bacia de drenagem (A), e regressão obtida por Milliman & Syvitsky (1992; $r^2= 0,33$), latitude da foz (B) e comprimento (C).

norte-sul. Muito da sua dispersão visualizada, é justificada devido aos rios Piauitinga (11,27 °S), Cachoeira Grande (11,33 °S) e Una (13,83 °S), não considerados na correlação. Estes representam bacias sujeitas a impactos de transposição, para a primeira, e rios de pequenas bacias do litoral úmido, em relação às duas últimas.

Os fatores morfológicos e/ou orográficos podem influir de forma associada sobre as descargas e conseqüentemente sobre seus valores específicos (Mulder & Syvitsky, 1996). Uma esperada diminuição do runoff quando do aumento da área da bacia de drenagem (Milliman & Syvitsky 1992; Mulder

Tabela 2 – Equações e correlações (r^2) para descargas e descarga específicas versus às características morfológicas e orográficas das bacias estudadas.

	Q = a X ^b				R = c X ^d				Q _s = e X ^f				PEMS = g X ^h			
	A	B	r ²	N	C	d	r ²	N	e	f	r ²	N	g	h	r ²	N
Latitude (°S)	0,00	-8,09	0,18	30	0,13	2,64	0,75	27	0,00	5,31	0,34	14	0,00	3,28	0,21	14
Área da Bacia (x10 ⁶ km ²)	100	0,78	0,91	30	64	-0,24	0,27	30	0,87	0,63	0,94	10	0,49	-0,55	0,72	10
Comprimento (Km)	0,01	1,48	0,95	30	1230	-0,31	0,14	30	0,00	1,81	0,53	13	0,63	0,69	0,11	13
Altura da nascente (m)	0,00	3,70	0,41	29	37	0,27	0,05	30	0,00	1,05	0,11	14	1,94	0,45	0,03	14
Altura máxima (m)	0,00	1,27	0,14	30	23	0,32	0,14	30	0,00	4,82	0,81	14	0,06	0,88	0,06	14

Observações: Q = descarga de água (Km³/ano); R = runoff (mm/ano); Q_s = Descarga de sedimentos (x 10⁶ t/ano); PEMS = produção específica de material em suspensão (t/km².ano) e X = características da bacia.

& Syvitsky, 1996) que é justificada por uma maior proporção de planícies nas grandes bacias, onde a precipitação é reduzida e a evapotranspiração é aumentada (Walling, 1987, apud Hay, 1998), não é claramente observada nos dados da costa leste brasileira. Embora a tendência geral pareça ocorrer (Figura 8), existe uma elevada dispersão dos resultados ($r^2 = 0,27$) que também é observada ($r^2 = 0,33$; $n = 280$) nos encontrados por Milliman & Syvitsky (1992). No entanto o aparente deslocamento dos valores de runoff dos rios da costa leste brasileira, em relação a média global observada por Milliman & Syvitsky (1992), podem indicar uma maior pressão antrópica sobre os recursos hídricos superficiais e aumento nos tempos de residência, através do represamento, que podem exercer um papel predominante nas vazões, e conseqüentemente nas descargas específicas de água e sedimentos (Degens et al., 1991; Dingman, 1993; Vorosmarty et al., 1997). Já as demais características morfológicas e orográficas (comprimento, altura da nascente e máxima; Tabela 2) das bacias de drenagem não revelam uma influência direta sobre *runoff*. Tais resultados parecem revelar uma maior sensibilidade da descarga específica de água as diferenças climáticas e na detecção de alterações antrópicas (i.e. barragens) sobre os recursos hídricos da Costa Leste Brasileira.

Sedimentos em Suspensão

As descargas de sedimento (Q_s; Tabela 2) revelam a pequena influência do regime climático sobre a produção dos mesmos ($r^2 = 0,34$), provavelmente como resultado das diferentes magnitudes ou que pode ser um

indicativo dos impactos antrópicos sobre a bacia de drenagem. Quando comparados aos dados de Milliman & Syvitsky (1992) observa-se que mesmo os rios da Costa Leste Brasileira de maiores alturas máximas de suas bacias, entre 1000 – 3000 m, apresentam descargas em muito inferiores as correlações obtidas para sua classe tipológica. A maior parte dos rios analisados neste estudo poderia ser associada à correlação dos cursos de planícies costeiras (F, Figura 10), apenas os rios Doce, Jequitinhonha, Paraíba do Sul e Mucuri, excluídos da correlação da Tabela 2, podem ser associados em sua respectiva classe (1000-3000 m), que apresentam naturalmente menores descargas. Os resultados da maior parte dos rios analisados são compatíveis com as características de pequenos rios de planície (Milliman & Syvitski, 1992) e principalmente impactados por barragens em cascata (Vorosmarty et al., 1997). No entanto as descargas de sedimentos quando relacionadas aos fatores morfológicos (área e comprimento) das bacias de drenagem (Figura 10 e Tabela 2), mostram que estas, em sua maior parte, estão bem relacionadas a estes fatores naturais, e que os rios da costa leste brasileira possam ser caracterizados por baixas descargas de sedimentos. Os resultados indicam ainda que estes possuem uma capacidade de transporte e/ou intemperismo/erosão bem inferior quando comparado a outras regiões do mundo, e mesmo as bacias mais impactadas pelos processos erosivos, somente se aproximam das regiões caracterizadas por menores descargas de sedimento (Figura 10). Mesmo não se tratando de descargas específicas (PEMS), as implicações destes resultados, sobre os fluxos de água e sedimentos indicam o baixo impacto dos rios sobre a plataforma continental leste brasileira.

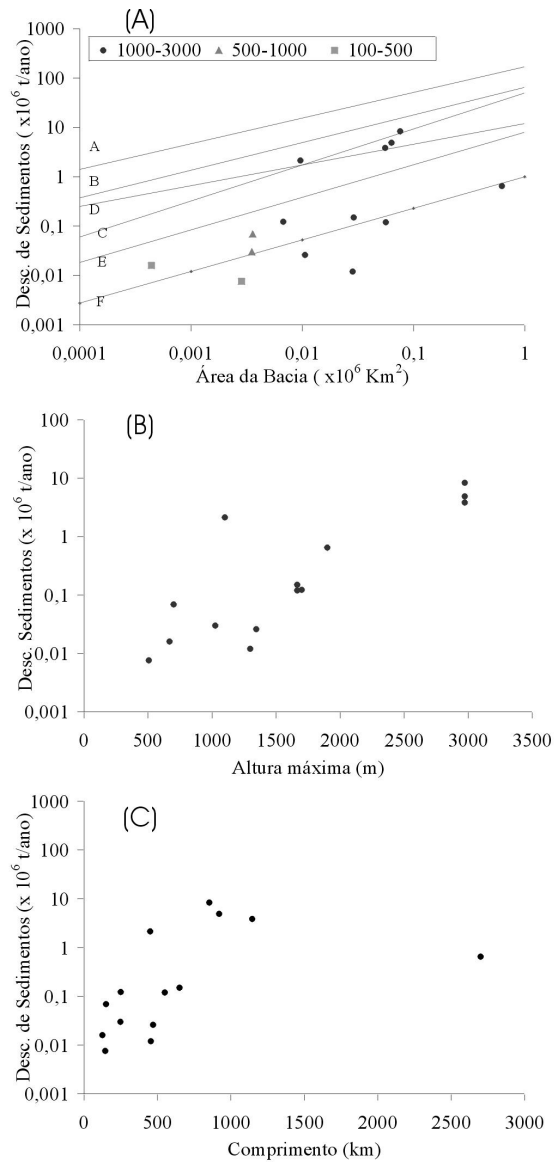


Figura 10 – Relação da descarga de sedimentos em suspensão com área da bacia de drenagem (A) das bacias da costa leste brasileira e as regressões obtidas por Milliman & Syvitsky (1992), altura máxima (B) e comprimento (C) dos rios analisados na costa leste brasileira. Regressões das classes de altura máxima das bacias: A (1000-3000 m; América N/S, África e Europa Alpina; $r^2=0,70$ e $n=41$), B (1000-3000 m; Sul da Ásia e Oceania; $r^2=0,74$ e $n=90$), C (1000-3000 m; Ártico e Europa não Alpina; $r^2=0,78$ e $n=10$), D (500-1000 m; $r^2=0,82$ e $n=55$), E (100-500 m; $r^2=0,81$ e $n=43$) e F (< 100 m; $r^2=0,81$ e $n=15$).

A produção específica de material em suspensão (PEMS) dos rios analisados também não se apresenta bem relacionada ($r^2 = 0,21$) ao gradiente climático norte/sul das bacias de drenagem (Figura 11 e Tabela 2), e dentre as características morfológicas e orográficas apenas a área da bacia de drenagem se apresenta bem correlacionada ($r^2 = 0,72$). A PEMS dos rios da costa leste brasileira se revelam bem inferiores às correlações das diferentes classes de altura

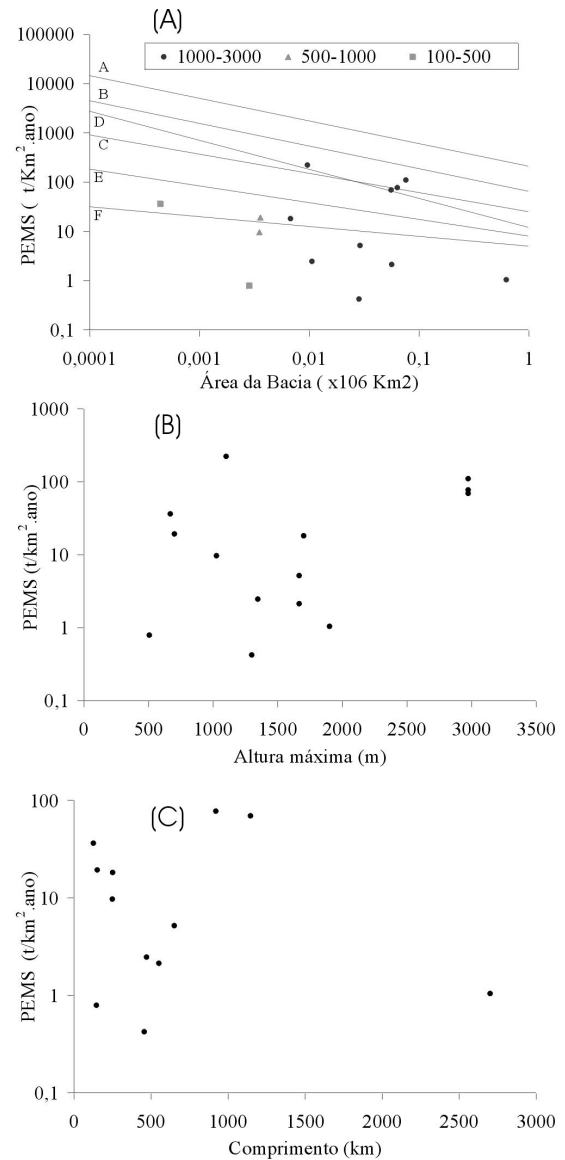


Figura 11 – Relação da produção específica de material em suspensão (PEMS) com área da bacia de drenagem (A) das bacias da costa leste brasileira e as regressões obtidas por Milliman & Syvitsky (1992), altura máxima (B) e comprimento (C) dos rios analisados na costa leste brasileira. Regressões das classes de altura máxima das bacias: A (1000-3000 m; América N/S, África e Europa Alpina; $r^2=0,76$ e $n=41$), B (1000-3000 m; Sul da Ásia e Oceania; $r^2=0,70$ e $n=90$), C (1000-3000 m; Ártico e Europa não Alpina; $r^2=0,89$ e $n=10$), D (500-1000 m; $r^2=0,89$ e $n=55$), E (100-500 m; $r^2=0,62$ e $n=43$) e F (< 100 m; $r^2=0,32$ e $n=15$).

máxima de outros rios do mundo (Milliman & Syvitsky, 1992) sendo comparáveis a PEMS de cursos de planície costeira (F, Figura 11). Apenas os rios Doce, Jequitinhonha, Paraíba do Sul e Mucuri podem ser relacionados aos de sua classe de altura máxima (C, Figura 11) de regiões caracterizadas por menores PEMS ou a aqueles de menores alturas máximas (D, Figura 11). Os resultados da PEMS revelam, provavelmente, que os rios da costa leste brasileira estão sujeitos

aos impactos antrópicos antagônicos de retenção, através das barragens, e de mobilização, através dos processos erosivos, de sedimentos em suas bacias.

Impactos – Desmatamento e Barragens

Os impactos antrópicos oriundos do desmatamento, da agricultura, e da agropecuária, aumentam o escoamento superficial e o transporte de sedimentos e nutrientes (Billen, 1993; Meybeck, 1993; Billen *et al.*, 1999) A urbanização, canalização e dragagem de rios aumentam a amplitude e o aporte de água e sedimentos. Ao contrário, barragens retêm e transformam o material, e modificam a pulsação natural do fluxo de água e material associado (Halim, 1991). As mudanças climáticas e a variabilidade hidrológica, como as esperadas pelo aquecimento global causado pelos gases estufa, podem por sua vez causar significativas alterações nos padrões e na intensidade de precipitação, que conseqüentemente, poderiam levar a cenários de um decréscimo de 50 % a um acréscimo de 20 % nas descargas de água (Azevedo *et al.*, 1999; Costa & Foley, 1999). Quando acopladas, as mudanças climáticas, as alterações antrópicas nas bacias e a presença de barragens, podem ter um efeito multiplicador dos impactos gerados sobre a drenagem continental (WCD, 2000).

Apesar de os resultados deste estudo indicarem relação marcante com a tipologia, parte da variabilidade observada nos resultados das vazões (Figura 6 e 7), pode ser explicada pelo intenso desmatamento (Figura 2B; Fundação SOS Mata Atlântica, 1998; Knoppers *et al.*, 1999a), e mais significativamente pela construção de barragens (Figura 2A, Tabela 3; Souza, 2002). De uma forma geral os reservatórios levam a distorções significativas dos hidrógrafos, podendo causar um decréscimo das condições naturais entre as descargas máxima e mínima de 12:1 para 2:1 como no caso da represa de Aswan, rio Nilo, (Vorosmarty *et al.*, 1997; Stanley, 1996).

Os impactos sobre as descargas de água, demonstrados pelas diferenças nas descargas iniciais e finais refletem o somatório dos impactos gerados pelas alterações do escoamento

Tabela 3 – Barragens separadas por bacia e tamanho nos rios que aportam a costa leste brasileira. Souza (2002) e referências inclusas.

Bacia		Barragens		
Código	Nome	Pequenas V < 0,01 Km ³	Médias 0,01 < V < 0,1 Km ³	Grandes V > 0,1 Km ³
4	São Francisco	22	3	8
5	Leste	145	26	11

V=volume. Fonte: Souza, 2002 e referências inclusas

superficial das bacias de drenagem, sobre-uso das águas subterrâneas e os diferentes projetos de operação dos reservatórios. As distorções mais freqüentemente observadas são os diferentes níveis de achatamento das descargas ao longo do ano indo de reduções que respeitam a variabilidade sazonal, i.e. rios Una, Doce e Paraíba do Sul, até o caso extremo do rio São Francisco onde as vazões ao longo do ano são praticamente constantes, chegando a representar reduções entre as vazões máximas e mínimas mensais, que já possuíam uma extrema atenuação devido as barragens presentes na bacia, de 5:1 para 2:1, após a construção da barragem de Xingo em 1994 que regularizou o fluxo em aproximadamente 2.000 m³/s.

A análise do comportamento dos hidrógrafos dos principais rios que aportam a Costa Leste Brasileira (Figura 6) revelam um comportamento distinto entre o primeiro, Rio São Francisco, e os demais. Os fatores que poderiam justificar tais diferenças no comportamento dos rios seriam o gradiente climático de Norte para Sul, que é atenuado pela extensão do rio São Francisco, e mais provavelmente a capacidade de recarga da drenagem a jusante da última represa. O conceito de capacidade de recarga (Brandt, 2000), válido tanto para descarga de água, mais principalmente em relação às descargas de sedimento, revela a importância do percentual da bacia controlada pelo ultima represa, quando da análise dos impactos gerados pelos represamentos à zona costeira, que de uma forma geral é negligenciado (ICOLD, 2000; Kalitsi, 2000). Além disto à presença de intensos processos erosivos de origem antrópica na bacia de drenagem, em especial, a jusante de reservatório, podem levar a incrementos nas descargas de sedimentos em suspensão.

Na Figura 12 as diferenças percentuais entre as vazões “naturais e reais”, definidas como

aquelas anteriores aos impactos e as atuais, plotadas contra o percentual controlado das bacias de drenagem revelam não somente a diminuição da capacidade de recarga, quando do aumento do percentual controlado da bacia. Além disto o tipo de barragem exerce um papel predominante sobre a capacidade de recarga dos rios controlados por represamentos. A diferenciação entre os açudes e os reservatórios das usinas hidroelétricas se faz presente não somente no que diz respeito ao tipo de operação e liberação das descargas, mas também por um fator intrínseco a destinação de cada barragem. A construção de usinas hidroelétricas, além de outros fatores, necessita de rios perenes de recursos hídricos fartos, enquanto que os açudes para o abastecimento urbano e rural se fazem necessários em rios intermitentes, de recursos hídricos mais escassos, e que, portanto podem distorcer a capacidade de recarga destes rios.

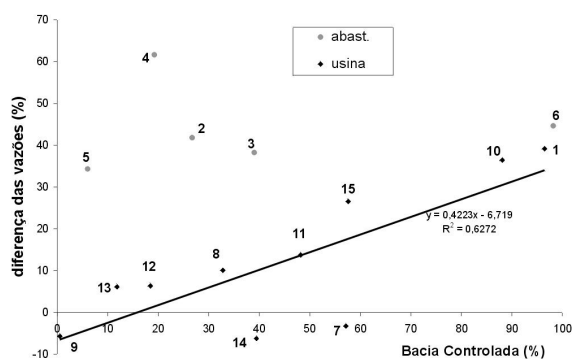


Figura 12 – Capacidade de recarga em rios controlados por usinas hidroelétricas (usinas) e açudes para abastecimento urbano e rural (abast.) da costa leste brasileira, e linha de regressão dos rios controlados por usinas. 1. São Francisco, 2. Vaza Barris, 3. Real, 4. Itapicuru, 5. Inhambupe, 6. Paraguaçu, 7. Contas, 8. Pardo, 9. Jequitinhonha, 10. Doce, 11. Sta Maria da Vitória, 12. Jucu, 13. Itapemirm, 14. Itabapoana e 15. Paraíba do Sul. Fonte sobre as barragens: Souza (2002) e referências inclusas.

CONCLUSÕES

Os fluxos de água e sedimentos a CLB foram dominados por quatro rios (São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul). Os fluxos podem ser considerados baixos quando comparados a média global de outros rios de porte semelhante. Uma grande variabilidade foi observada nos fluxos em função das diferentes magnitudes envolvidas quando da comparação entre as bacias de drenagem. As descargas de água, sedimentos e as descargas específicas de

água (*runoff*, R) e de material em suspensão (PEMS) dos rios da CLB e suas relações com as características morfológicas e orográficas revelam que muito embora o gradiente climático norte/sul da área de estudo não apresente correlação estatisticamente significativa com as descargas (Q), estas de uma forma geral, parecem responder aos diferentes regimes climáticos. Muito da dispersão observada entre a descarga e a latitude da foz parece ser explicada pelas diferentes magnitudes nos fluxos, que são observados nas correlações entre a vazão e morfologia das bacias (área e comprimento). A análise do *runoff* das bacias de drenagem estudadas na CLB apresentou uma maior sensibilidade na identificação do gradiente climático norte-sul, revelando um aumento em direção ao sul, mais úmido. Os desvios podem ser justificados devido aos rios sob impacto de pequenas bacias do litoral úmido.

Em comparação ao R, as descargas de sedimento revelam a relativamente baixa influência do gradiente climático norte-sul sobre a produção dos mesmos, mas revelaram uma maior influência dos fatores tipológicos (tamanho, comprimento e altura máxima das bacia de drenagem). Observa-se que a maior parte dos rios analisados neste estudo apresenta baixos valores de descarga de sedimentos em suspensão, equivalentes aos cursos de planícies costeiras, apenas os rios Doce, Jequitinhonha, Paraíba do Sul e Mucuri podem ser associados em sua respectiva classe tipológica (1000-3000 m).

O parâmetro descarga específica apresentou uma maior sensibilidade na detecção dos impactos antrópicos em uma escala regional. As informações oriundas desta comparação sobre a Costa Leste Brasileira indicam um baixo fluxo e rendimentos das bacias de drenagem, mas evidenciam o papel das barragens na alteração/ retenção dos fluxos de água e sedimentos em suspensão de diversos rios, i.e. São Francisco, Itapicuru, Paraguaçu e Contas, e que em bacias com um menor percentual controlado por barragens os processos de desmatamento e erosão são fatores preponderantes responsáveis por um aumento no fluxo de materiais, i.e. Paraíba do Sul, Mucuri, Doce e Jequitinhonha. O cenário descrito por estes impactos antrópicos

antagônicos de retenção, através das barragens, e de mobilização, através dos processos erosivos, dos fluxos de água e sedimentos da Costa Leste Brasileira, apresentam um potencial significativo de alterações na estrutura e funcionamento dos ecossistemas estuarinos característicos da Costa Leste Brasileira.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo CNPq através de bolsa de doutorado, processo nº 141030/1998-4, a W. F. L. Souza e pelos auxílios, processo nº 521816/1994-7, a B. Knoppers e PRONEX-FAPERJ/CNPq E-26/171.175/2003. Os autores agradecem em especial as agências nacionais DNAEE, ANEEL, ANA e CPRM pelo fornecimento das informações hidrológicas pretéritas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, J.R.L. (1985) Principles of Physical Sedimentology. Allen & Unwin, 272 p.
- ANA – Agência Nacional de Águas (2002). <http://www.ana.gov.br>. Capturado em 01/2002.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. (1999) Série Estudos e Informações Hidrológicas e Energéticas – Água – Atlas Hidrológico do Brasil. CD-ROM.
- ASSELMAN, N.E.M. (2000) Fitting and interpretation of sediment rating curves. *J. Hydrol.*, 234: 228-248.
- AZEVEDO, J.R.G.; TANTON, T.W. & CLARKE, D. (1999) A hydrological model for assessing global warming effects on hydrological regimes of catchments with scarce data. *In: Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins Conference, Report. Manaus, Brazil.*
- BILLEN, G. (1993) The Physon river system: A conceptual model of C, N, and P transformations in the aquatic continuum from land to sea. *In: R. WOLLAST; F.T. MACKENZIE; L. CHOU (Eds) Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles and global change. NATO ASI Series n.14, 591 p.*
- BILLEN, G.; GARNIER, J.; CHLOÉ, D. AND BILLEN, C. (1999) Estimates of early-industrial inputs of nutrients to river systems: implication for coastal eutrophication. *Sci. Total Environ.* 243/244:43-52.
- BRANDT, S.A. (2000) Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena*, 40:375-401.
- CAETANO, M.; ESPÍRITO SANTO, C.M.; PERRELLA, A.C.F. (2001) Estudo preliminar da chuva-vazão para a bacia do rio Paraíba do Sul-SP utilizando um SIG. Mídia eletrônica <http://hidroweb.aneel.gov.br/merlin/doc/topicos/topicos/painel9.htm>. Capturado em 03/2002.
- CARVALHO, N.O; FILIZOLA JR, N.P.; SANTOS; P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. (2000) Guia de práticas sedimentométricas. ANEEL, 154p.
- COHN, T.A. (1995) Recent advances in statistical methods for the estimation of sediment and nutrient transport in rivers. U.S. National Report to IUGG, 1991-1994. *Rev. Geophys.* 33, Suppl., <http://earth.agu.org/revgeophys/cohn01/cohn01.html>. Capturado em 06/1999.
- COSTA, M.H. & FOLEY, J.A. (1999) Water balance of the amazon basin: potential effects of environmental change. *In: Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins Conference, Report. Manaus, Brazil*
- DEGAGNE, M.P.J. ; DOUGLAS, G.G.; HUDSON, H.R.; SIMONOVIC, S.P. (1996) *J. Hydrol.* 184: 225-241. 1996.
- DEGENS, E.T; KEMPE, S.; RICHEY, J.E. (1991) Summary: Biogeochemistry of Major World Rivers. *In: E.T. DEGENS; S. KEMPE; J.E. RICHEY (eds.) Biogeochemistry of Major World Rivers. SCOPE Report 42. John Wiley & Sons. <http://www.icsu-scope.org/> Capturado em 05/1999.*
- DINGMAN, S.L. (1993) Physical hydrology. Prentice Hall, 575 p.
- FUNDAÇÃO MATA ATLÂNTICA. (1998) Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da mata atlântica no período 1990-1995. Fundação Mata Atlântica, 47 p.

- GUERRA, H.T. (1982) O litoral Atlântico. Paisagens do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 456 p.
- HALIM, Y. (1991) The impact of human alterations of the hydrological cycle on ocean margins. *In*: MANTOURA, R.F.C.; MARTIN, J.-M. & WOLLAST, R. (Eds.) Ocean Margin Processes in Global Change. John Wiley & Sons, p.301-328.
- HAY, W.W. (1998) Detrital sediment fluxes from continents to oceans. *Chem. Geol.*, 145:287-323.
- ICOLD—International Commission on Large Dams.(2000) <http://genepi.louis-jean.com/cigb/index.html>. Capturado em 03/2000.
- JACCON, G. & CUDO, K.J. (1989) Hidrologia – Curva-Chave análise e traçado. DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, 273 p.
- KALITSI, E.A.K. (2000) Dams and Ecosystems: Assessing and Managing Environmental Impacts (Ghana's Experience). <http://www.dams.org/submissions/text>
- KANE, R.P. (1998) Quasi-biennial and quasi-triennial oscillations in the rainfall of northeast Brazil. *Rev. Bras. Geof.*, 16: 37- 52.
- KNOPPERS, B.; MEYERHOFER, M.; MARONE, E.; DUTZ, J.; LOPES, R.; LEIPE, T. & CAMARGO, R. (1999a) Compartments of the pelagic system and material exchange at the Abrolhos Bank coral reefs, Brazil. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 47(2/3):285-306.
- KNOPPERS, B.; EKAU, W. & FIGUEIREDO, A.G. (1999b) The coast and Shelf of east and northeast Brazil and material transport. *Geo-Mar. Lett.*, 19(3):171-178.
- KNOPPERS, B.; MEDEIROS, P.R.P.; SOUZA, W.F.L.; JENNERJAHN, T. (2004) The São Francisco estuary, Brazil. *In*: WANGERSKY P. (ed.) The handbook of environmental chemistry, 5 Water pollution:Estuaries. Springer, no prelo.
- LACERDA, L.D.; DE ARAÚJO, D.S.D.; MACIEL, N.C. (1993) Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. *In*: MAAREL, E. (Ed.), Dry Coastal Ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania. Elsevier, p. 477-493.
- LEÃO Z.M.A.N. (1996) The coral reefs of Bahia: Morphology, destruction and the major environmental impacts. *An. Acad. Bras. Ciên.*, 68:439-452.
- LEOPOLD, L.B. & MADDOCK, T.Jr. (1953) The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. USGS report, 252, 53 p.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. (1996) Quaternary sea-level history and variation in dynamics along the central Brazilian coast: consequences and coastal plain construction. *An. Acad. Bras. Ciên.*, 68:303-354.
- MEDEIROS, P.R.P. (2003) Aporte fluvial, transformação e dispersão do material biogênico no estuário do rio São Francisco, após a construção da usina hidroelétrica do Xingó (AL/SE). Dissertação de Doutorado. Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, 227p.
- MEYBECK, M. (1993) C, N, P and S in rivers: from sources to global inputs. *In*: R. WOLLAST; F.T. MACKENZIE; L. CHOU (Eds) Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles and global change. NATO ASI Series, n. 14, p. 163-193.
- MILLIMAN, J.D. (2001) River inputs. *In*: J.H. STEELE; S.A. THORPE; K.K. TUREKIAN (Eds) Encyclopedia of ocean sciences. Academic press, p. 2419-2427.
- MILLIMAN, J.D. (1991) Flux and fate of fluvial sediment and water in coastal seas. *In*: R.F.C MANTOURA.; J.-M. MARTIN & R. WOLLAST (Eds.) Ocean Margin Processes in Global Change. John Wiley & Sons, p.60-90.
- MILLIMAN, J.D. & MEADE, R.H. (1983) World-wide delivery of river sediment to the oceans. *J. Geol.* 91:1-21.
- MILLIMAN, J.D. & SYVITSKY, J.P.M. (1992) Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers. *J. Geol.*, 100:525-544.
- MULDER, T. & SYVITSKY, J.P.M. (1996) Climatic and morphologic relationships of rivers. Implications of sea level fluctuations on river loads. *J. Geol.*, 104:509-523.
- SOUZA, W.F.L. (2002) A Interface terra-mar leste do Brasil: tipologia, aporte fluvial, águas costeiras e plataforma continental. Dissertação de Doutorado. Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, 239 p.

- STANLEY, D.J. (1996) Nile delta: extreme case of sediment entrapment on a delta plain and consequent coastal land loss. *Mar. Geol.*, 129:189-195.
- USGS – United States Geological Service. (2001) <http://co.water.usgs.gov/sediment/bias.frame.html>. Capturado em 01/2001.
- VOROSMARTY, C.J.; SHARMA, K.P.; FEKETE, B.M; LOUGH, J.A. (1997) The storage and aging of continental runoff in large reservoir systems of the world. *Ambio*, 26(4): 210-219.
- WALIING, D.E. (1987) Rainfall, Runoff and Erosion of the Land: A Global View. *In*: K.J. Gregory (Ed.) *Energetics of Physical Environment*, London: Wiley. p. 89-117.
- WCD – World Commission on Dams. (2000) Report of conference on hydrological and geochemical processes in large scale river basins. WCD Thematic Reviews – Environmental Issues II.1, 22 p.
- WELLS, S.M. (1988) Coral reefs of the world. Volume 1: Atlantic and Eastern Pacific. UCN/UNEP, 370 p.