

OS AMBIENTES FLUVIAIS NUMA PERSPECTIVA SISTÊMICA: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO NORTE – CE A PARTIR DA VARIÁVEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

MARQUES, J.D.S.¹

1. Universidade Estadual do Ceará- UECE/ Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos- FAFIDAM, Graduanda em Geografia, jordanadarlly@yahoo.com.br

CAVALCANTE, A.A.²

2. Universidade Estadual do Ceará-UECE/ Profa. Ms. Curso de Geografia da FAFIDAM/UECE. a_cavalcante@uece.br

FREITAS, F.S.C.³

3. Universidade Estadual do Ceará- UECE/ Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos- FAFIDAM, Graduanda em Geografia, flaviasfreitas@yahoo.com.br

RESUMO

Os problemas relacionados aos sedimentos, embora evidenciados há muito tempo em várias localidades mundiais, ainda continuam sendo pouco investigados. Apesar do Brasil possuir uma das mais ricas redes de drenagem superficial do planeta, seus estudos só tiveram início a partir da década de 1970, e em localidades muito pontuais (CARVALHO, 1994). O trabalho ora apresentado propõe uma análise da dinâmica fluvial no município de Limoeiro do Norte a partir de uma avaliação sistêmica (CHRISTOFOLETTI, 1999), levando em consideração apenas uma variável – transporte de sedimentos. O referido município está localizado na porção leste do Estado do Ceará abrangendo cerca de 751.54Km², estando sua drenagem representada por três canais principais (rio Jaguaribe, rio Banabuiú e rio Quixeré) que cruzam a cidade e proporcionam a existência de uma extensa planície fluvial, além de ser responsável pelo abastecimento da cidade e pelo desenvolvimento de atividades agrícolas. Essa rede de drenagem passa hoje por grandes alterações, principalmente de ordem morfológica, levando esse sistema a procurar novas formas de equilíbrio. Os trabalhos foram realizados a partir do estabelecimento de quatro pontos de monitoramento (2 representativos de entrada do sistema e 2 de saída do sistema), onde foram levantados dados de vazão e concentração de sedimentos para a determinação da descarga sólida, seguindo a metodologia de Carvalho (1994). Baseado nos levantamentos e coletas realizadas no primeiro momento da pesquisa observou-se que as descargas sólidas evidenciadas nos pontos monitorados apresentam características muito particulares. Tanto as vazões como as descargas sólidas apresentaram-se bastante variáveis nos pontos analisados. Entretanto, as concentrações mantiveram-se equilibradas entre os mesmos, mostrando que a descarga sólida depende diretamente da vazão, reafirmando os conceitos estabelecidos por Carvalho (1994). Isso prova também que as maiores cargas transportadas devem ocorrer no período chuvoso e, portanto, quando o nível dos rios aumenta. Dos resultados obtidos, observou-se que os pontos 1 e 2, representativos do input e output, apresentaram descarga sólida de 25,84 g/s e 10,64 g/s respectivamente, indicando maior dinamicidade que os pontos 3 (input) e 4 (output) onde obteve-se descarga sólida de 2,45 g/s e 2,91 g/s respectivamente. Isso se deve as características de cada braço de rio que, morfológicamente, identifica grandes distinções, inclusive relacionadas às formas de utilização. A fim de tecer maiores investigações sobre a dinâmica dessa área os trabalhos serão continuados para traçarmos uma avaliação mais precisa deste sistema, não podendo concluir neste momento se o mesmo encontra-se em equilíbrio ou desequilíbrio.

Palavras-chave: Sistema, Descarga sólida, Ceará.

INTRODUÇÃO

O trabalho ora apresentado constitui parte dos estudos que estão sendo realizados no Baixo Jaguaribe sob a perspectiva da morfodinâmica fluvial e hidrossedimentologia.

A perspectiva apresentada procura trazer um enfoque sobre dinâmica fluvial dentro de uma abordagem sistêmica, tendo a drenagem de um município como um sistema ambiental a ser analisado do ponto de vista de seus processos.

Os sistemas fluviais são compostos por uma série de variáveis que são responsáveis pela definição da forma e dinâmica de canais fluviais ou rios, e, conseqüentemente, de bacias hidrográficas.

Segundo Christofolletti (1999), os sistemas podem ser classificados conforme critérios variados. Para análise ambiental o critério funcional e o da composição interativa são os mais relevantes. Na avaliação do objeto em estudo, o critério da composição interativa apresenta-se como o mais adequado, haja vista a necessidade das análises estarem voltadas ao entendimento das formas de equilíbrio de um sistema fluvial.

Dentro desse critério, Chorley e Kennedy (1971) *apud* Chistofolletti (1999) propõem uma classificação de onze tipos de sistemas, sendo aqui utilizados como um dos referenciais de base teórica nesta pesquisa. Os sistemas em seqüências ou encadeados, os quais definem-se como sendo composto por uma cadeia de subsistemas que são dinamicamente relacionados por uma cascata de matéria e energia. Segundo o mesmo autor, o posicionamento dos subsistemas implicam dizer que a saída (output) de matéria e energia de um subsistema torna-se a entrada (input) do subsistema adjacente. Nesse tipo de sistema, a relevância da análise incide na caracterização dos fluxos de matéria e energia.

De modo específico o sistema fluvial aqui analisado propõe uma análise da dinâmica da drenagem de Limoeiro do Norte sob a perspectiva de apenas uma variável – transporte de sedimentos. As avaliações destinam-se a uma análise das taxas de entrada (input) e de saída (output) de sedimentos, observando situações que se dão de acordo com as características do ambiente no qual ele está inserido, influenciando as reações de sua natureza. Assim, as condições climática, geológico-geomorfológicas e pedo-vegetacionais, bem como a identificação das formas de uso e ocupação da área em análise constituem-se como fatores que necessitam ser avaliados dentro do contexto, a fim de possamos discutir causas e efeitos dos processos analisados e resultados obtidos.

As mudanças que ocorrem nos sistemas hídricos se dão devido a muitos fatores, sendo a quantidade e a intensidade os que vão acelerar ou não esses processos. A erosão, o transporte, e a deposição do material nos cursos d'água, se enquadram perfeitamente no conjunto de processos que dinamizam os sistemas hídricos.

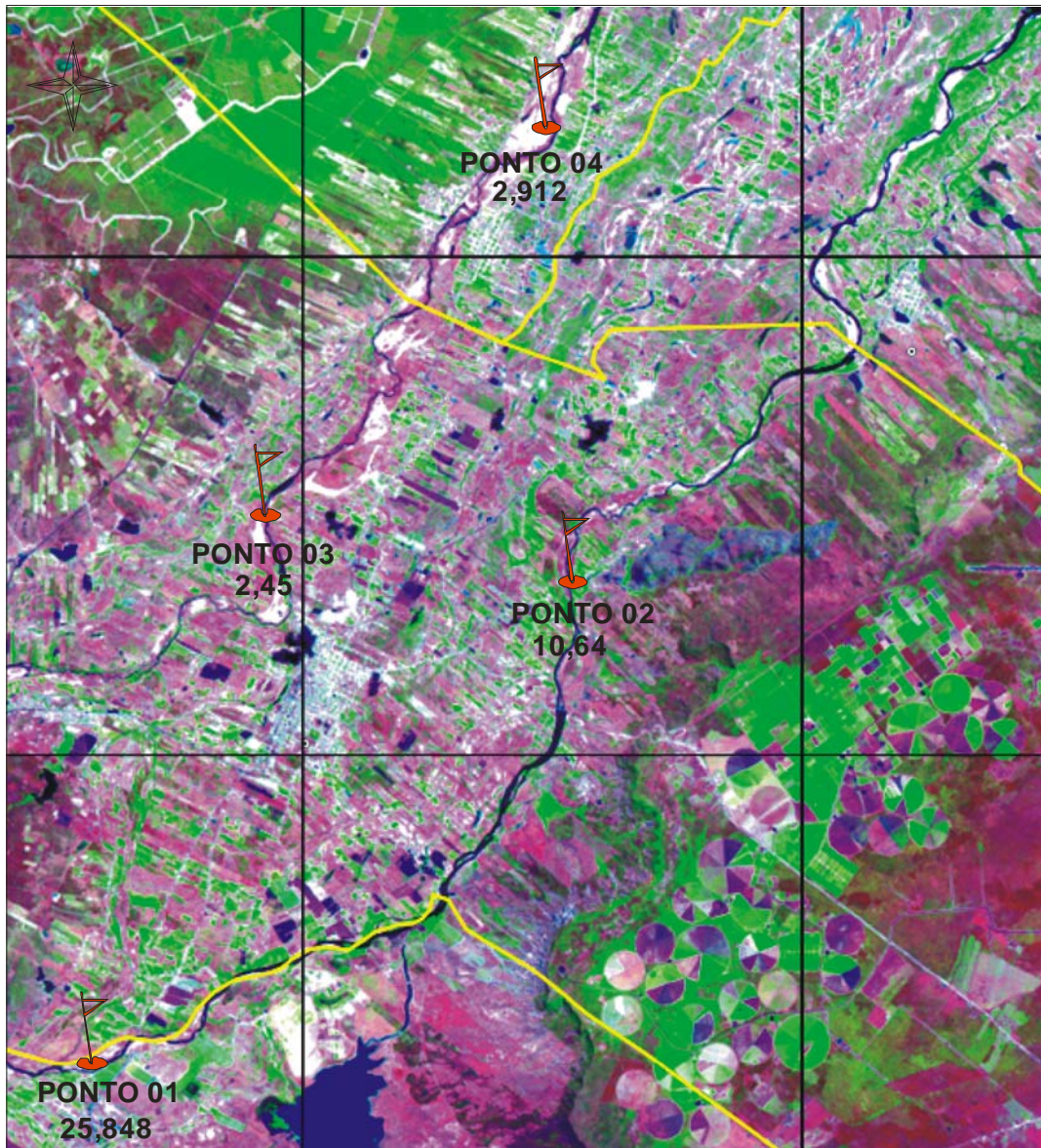
De acordo com Carvalho (1994) *apud* Chistofolletti (1999) é possível observar a variação granulométrica nas cabeceiras dos rios, que são compostas por sedimentos de

tamanho maiores, como pedras, pedregulhos e seixos. À medida que são transportados, esses materiais vão se fragmentando e adquirindo uma granulometria menor, passando para areia grossa, média e fina gradativamente para o baixo curso. O comportamento de uma bacia em relação ao sedimento é muito variável, desde as partes mais altas até suas planícies, dependendo das rochas e solos, da cobertura vegetal, dos gradientes, da incidência de precipitações, entre diversos outros fatores.

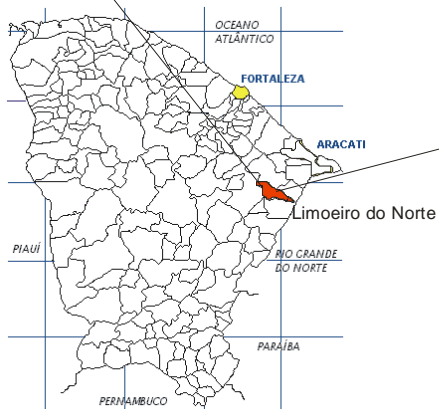
ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe constitui-se como a maior bacia do Estado do Ceará, tendo uma dimensão de aproximadamente 72.042 Km². Em função de sua dimensão está dividida em 05 sub-bacias (alto, médio e baixo Jaguaribe, banabuiú e salgado). Nossa pesquisa situa-se no baixo Jaguaribe, estando inserida, portanto, numa área de baixo curso, onde os processos deposicionais deverão ser mais atuantes que os de erosão e transporte se compararmos com o restante da bacia.

O município de Limoeiro do Norte - Ceará está localizado na porção leste do Estado abrangendo cerca de 751.54 Km², distanciando-se aproximadamente de 170 Km de Fortaleza. A drenagem do município Limoeiro do Norte, está representada por três canais principais que cruzam a cidade, sendo classificados de Jaguaribe, Quixeré e Banabuiú, os quais proporcionam a existência de uma extensa planície fluvial, sendo estes responsáveis pelo abastecimento da cidade e pelo desenvolvimento de atividades agrícolas (Figura 1).



Fonte: Imagem de Satélite LANDSAT ETM7, 2002 (COGERH)



LEGENDA



-  Localização dos Pontos de Monitoramento
-  Limite Intermunicipal

Figura 1 – Localização da Área de Estudo e dos Pontos de Monitoramento

METODOLOGIA

A realização desse trabalho foi definida a partir de três etapas: levantamento bibliográfico e cartográfico, trabalho de campo e análise laboratorial. Após o levantamento bibliográfico e cartográfico inicial, fez-se uso da análise de imagens de satélite LANDSAT ETM7 (2002) para a determinação de quatro pontos de monitoramento. O estabelecimento desses pontos foi fundamental para que o objetivo da pesquisa pudesse ser alcançado, haja vista a busca pelo entendimento da dinâmica fluvial do município de Limoeiro do Norte numa perspectiva sistêmica. Dessa forma, os quatro pontos foram distribuídos de modo a representar as taxas de entrada (input) e saída (output) de material, sendo dois localizados em pontos do rio na entrada de Limoeiro do Norte e dois na saída do mesmo município (Figura 1).

A partir dos métodos estabelecidos por Carvalho (1994), foi realizado um trabalho de campo, percorrendo as seções de monitoramento definidas anteriormente para medição de vazão e coleta das amostras, levando em consideração as características da área. Para o estabelecimento dos pontos, priorizou-se localidades em que o rio fosse estreito e raso o suficiente para facilitar as medições.

As medições de vazão foram realizadas com apoio da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH de Limoeiro do Norte, através da utilização de um molinete (aparelho que medi a velocidade da corrente) e uma trena (Figura 02 e 03).



Figura 02 – Medição da vazão e coleta de água para análise de material em suspensão na seção transversal da Barra do Banabuiú (ponto 03)



Figura 03 – Molinete utilizado para as Medições de vazões

As medições de velocidade de corrente realizadas “*in locu*” foram efetuadas em vários pontos da seção, com o molinete. Em profundidades maiores que 50cm, as medições foram realizadas em dois níveis de profundidade, a 20% e 80%, a fim de obter uma média

da velocidade em toda a vertical. Assim, com a velocidade média e a área da seção definida, obteve-se a vazão líquida através da soma dos produtos: $Q_L = \sum V \cdot A$ (CAVALCANTE, 2001).

A coleta de amostras de água para análises do material em suspensão foi realizada utilizando garrafas plásticas de 02 litros, sendo coletadas nos mesmos pontos de medição de velocidade. Em cada ponto o material foi coletado a partir da integração vertical, de modo progressivo no sentido de cima para baixo, sem tocar o fundo do leito para não causar movimentos dos sedimentos que já estavam depositados.

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Química da FAFIDAM, utilizando-se o método da filtração definido por Greenberg (1992), sendo este método o mais indicado para análises de baixas concentrações de material em suspensão, conforme Cavalcante (2001).

Após dados coletados e trabalhados, foram definidas as taxas de descarga sólida em suspensão para os pontos estabelecidos, retratando o que entra (input) e o que sai (output) respectivamente do sistema fluvial do município de Limoeiro do Norte.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados parciais ora apresentados, buscam o entendimento da dinâmica fluvial no município de Limoeiro do Norte, a partir de uma análise sobre o transporte de sedimentos.

A área está localizada no baixo curso do Rio Jaguaribe onde o transporte é lento e tende a se acumular, influenciando o assoreamento natural.

Tais características tendem a serem acentuadas em função das condições climáticas da região, definida como semi-árida com precipitações irregulares, tendo dois períodos distintos, um chuvoso e outro de estio.

Segundo Carvalho (1994) o “transporte de sedimentos se processa nos cursos d’água, sendo que a maior quantidade ocorre no período chuvoso”, estimando que a maior parcela de sedimentos, é transportada em suspensão, que representam mais de 90% das descargas sólidas totais.

Tendo em vista as referências feitas por Carvalho (1994), sobre o transporte de material em suspensão e a partir dos ensaios realizados, observou-se que o transporte de material mostra-se de formas diferenciadas nos dois canais observados.

O canal que margeia a porção esquerda do município é alimentado pelos Rios Jaguaribe e Banabuiú, e tem como regularizador o açude Arrojado Lisboa. Trata-se de um

canal que é amplamente utilizado pelas atividades de irrigação, bem como pelos usos domésticos, possuindo muitas vezes residências instaladas no leito maior deste rio.

Já no canal que margeia a porção direita do município, constitui o próprio Rio Jaguaribe que ao adentrar o município de Limoeiro do Norte sofre uma bifurcação que dará origem ao Rio Quixeré, que encontra-se perenizado pelo açude Castanhão. Parte do Rio Jaguaribe, dentro dos limites do presente estudo encontram-se hoje, parcialmente assoreado e com acentuada cobertura vegetal, que abrange praticamente toda a área desse curso. Assim, o fluxo de água do Jaguaribe que chega a este canal do Rio Banabuiú é praticamente nulo, não tendo registro de vazões nessa área.

Baseado nos levantamentos e coletas realizadas neste primeiro momento da pesquisa observou-se que a descarga sólida evidenciada nos pontos monitorados apresenta características muito particulares.

A tabela 1 mostra dados de vazões, concentração de sedimentos e descarga sólida para os respectivos pontos monitorados 1, 2, 3 e 4. Nesta, podemos observar que as vazões variam muito do primeiro para o quarto ponto, apesar da concentração de material em suspensão ser relativamente semelhante.

Tabela 01 – Descarga sólida dos pontos monitorados, no período de janeiro / 2006, final de estiagem.

	Córrego de Areia Ponto 1	Cabeça Preta Ponto 2	Bar. Do Banabuiú Ponto 3	Flores Ponto 4
Q (m³/s)	7,18	2,8	0,7	0,91
C mg/l	3,6	3,8	3,5	3,2
Qss g/s	25,848	10,64	2,45	2,912
Qss (t/mês)	67,93	27,96	6,44	7,65

De acordo com Carvalho (1994) a distribuição de sedimentos varia de um lado para outro. Considerando que as velocidades são menores próximo as margens, as concentrações também diminuem, aumentando para o centro e depois diminuindo.

Os pontos 1 e 3 representam pontos de entrada de material, aqui evidenciados como representativos do input do sistema. Observe que as vazões são bastante variáveis, mas as concentrações não se alteram significativamente. Entretanto, a descarga sólida transportada é bem maior no ponto 1 que no ponto 3 (Figura 4 e 5).



Figura 4 – Ponto 01 (Córrego de Areia)



Figura 5 – Ponto 03 (Barra do Banabuiú)

De acordo com as observações locais o ponto 1 (Córrego de Areia) é alimentado diretamente pelo Castanhão que exerce forte influência sobre a vazão deste. Neste período o açude estava liberando cerca de $10\text{m}^3/\text{s}$.

Já o ponto 3 (Barra do Banabuiú), também representativo do input, estabelece algumas particularidades. Estrategicamente está posicionado após a confluência deste rio com o Rio Banabuiú, recebendo, portanto, influência deste último. A montante deste ponto o canal original do Rio Jaguaribe apresenta-se completamente assoreado, com uma vegetação já bastante densa, não contribuindo de modo significativo com a vazão. São aproximadamente 10 km de canal assoreado, que teve seu leito degradado em função da exploração desordenada pela rizicultura irrigada nos anos 1990 (MAIA et.al., 2004). Assim, esse ponto acaba recebendo forte influência de vazão regularizada pelo açude Arrojado Lisboa (Banabuiú).

Observe-se que como as vazões são muito variáveis a descarga sólida também se diferencia. Isso mostra que a descarga sólida é proporcional à vazão, ou seja, a descarga sólida é uma função direta da vazão, reafirmando os conceitos de Carvalho (1994), quando diz que as maiores cargas são transportadas no período chuvoso, e portanto, quando o nível dos rios aumenta.

Os pontos 2 e 4 representam saída de material, conseqüentemente, output do sistema. Observando os mesmos pontos, podemos verificar que também o ponto 2 (rio Quixeré) apresenta vazões potencialmente mais elevadas que o ponto 4 (rio Banabuiú). Isso mostra que os pontos de entrada influenciam, significativamente, os pontos de saída (Figura 6 e 7).



Figura6 – Ponto 02 (Cabeça Preta). Observar pequeno barramento indicado pela seta. Figura 7 – Ponto 04 (Flores)

O ponto 2 (Cabeça Preta) apresenta características de um canal com características mais completas que as do seu respectivo ponto de entrada (ponto 1). Trata-se de um ponto com margens bem definidas, com leito maior e menor melhor elaborados. É preciso destacar que este ponto está situado a jusante de um pequeno barramento, a cerca de aproximadamente 250m, fato que deverá ser considerado na avaliação dos resultados.

O ponto 4 (Flores) está situado um pouco após o limite do município de Limoeiro do Norte, tendo em vista deter uma condição de acesso mais favorável e representativa de output. Diferentemente do ponto 2, apresenta margens mais degradadas, com leito maior já descaracterizado, apresentando bancos de areia em vários trechos.

Se compararmos o ponto 1 que comporta uma vazão relativamente mais alta que o ponto 2, veremos que os valores de vazão deste último são bem menores, sendo ambas influenciadas pela quantidade de água liberada do Castanhão. Assim, como explicar as vazões tão diferentes num mesmo canal e relativamente próximos? Partindo deste questionamento é preciso levar em consideração que tipos de usos são realizados nesse trecho, já que o volume de água que entra a partir do ponto 01 é bem maior do que sai no ponto 02.

É importante destacar esse fato, pois numa avaliação grosseira, poderíamos dizer que sendo as taxas de entrada maiores que as de saída, teríamos um sistema em desequilíbrio, com tendências ao assoreamento. Entretanto, quando observamos a vazão entre os dois pontos, duas hipóteses podem ser levantadas a fim de que sejam avaliadas posteriormente:

- 1- As atividades desenvolvidas nesse trecho, podem reduzir significativamente as vazões, através de aspersões d'água direta do rio, levando consigo, também materiais.

2- As características do canal também nesse trecho podem influenciar nessa dinâmica. Isso pode se dar de forma natural ou por usos inadequados de margens, como pode ser exemplificado pelo braço do rio Jaguaribe assoreado já mencionado.

Os pontos 3 e 4 correspondem ao mesmo trecho desse curso, mantendo vazões muito baixas, não sofrendo influência das vazões liberadas pelo açude Castanhão, uma vez que suas vazões são mantidas pelo açude Arrojado Lisboa. Apesar de ser um canal um tanto degradado por atividades que são desenvolvidas no mesmo, os resultados das coletas dos pontos mostram valores de entrada e saída de materiais equivalentes, embora possamos observar uma pequena variação nas vazões que nos levam a um questionamento. Apesar das variações pequenas, a vazão do ponto de saída (4) mostrou-se maior do que o de entrada (3), o que não deveria ocorrer em situações normais de vazões de montante para jusante. Assim, também neste canal surgem algumas hipóteses:

1 – As diferenças de características entre as duas seções transversais podem influenciar nas vazões;

2 – Um outro input não identificado, como a entrada de dejetos de um esgoto sanitário, ou outro elemento semelhante, poderia alterar o regime de fluxo;

Mesmo assim, não poderíamos dizer que esse sistema encontra-se em desequilíbrio, já que tanto o material que entra quanto o que sai, são praticamente iguais.

CONCLUSÕES

A partir da variável que se vem estudando no sistema de drenagem do município de Limoeiro do Norte, faz-se necessária a realização de uma maior quantidade de coleta de dados, e conseqüentemente análises laboratoriais, para traçarmos uma avaliação mais precisa deste sistema.

Os resultados quanto à descarga sólida não podem ser avaliados a partir de dados de apenas um mês, sendo necessário realizar coletas representativas de período chuvosos e secos. Até o presente o que pôde ser avaliado foram as características dos canais e as diferenciações de vazões e concentrações. Assim, levantando inúmeras questões acerca das situações evidenciadas neste sistema, novas investigações deverão ser realizadas a partir do levantamento das atividades que são desenvolvidas no decorrer de seus cursos.

A determinação das atividades desenvolvidas nesses cursos deverá ser feita com base em estudos realizados anteriormente, levantando questionamentos específicos para

cada leito, uma vez que as características dos mesmos são bastante variáveis, bem como a forma de suas utilizações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM/ Centrais Elétricas Brasileiras – ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, 1994.

CAVALCANTE, A.A. Aspectos da Produção de Sedimentos e Seus Efeitos na Gestão dos Recursos no Baixo Vale do Rio Jaguaribe. **Dissertação de Mestrado**. Fortaleza, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Editora: Edgard. Blücher. 1ed, São Paulo, 1999.

GREENBERG, Arnold E.; CLESCEN, Lenore S. e EATON, André D. **Standard Methods**. For the examination of water and wastewater. 18th edition, 1992.

MAIA, Rubson Pinheiro; CAVALCANTE, Andréa Almeida. **Erosão e Assoreamento do Rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte-Ce: marcas de uma evolução acelerada**. In: Anais do V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. Santa Maria-RS, 2004.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P.C.F.; MANCINI, F. Rios e Processos Aluviais. IN: TEIXEIRA, W. et. al. (org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 2a reimp. 2003. P. 192-214.

VILLELA, S.M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil. 1975.