

## **DINÂMICA FLUVIAL NO BAIXO JAGUARIBE-CE: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DE ESTUDOS DE DESCARGA SÓLIDA**

CAVALCANTE, A.A.<sup>1</sup>

1. Universidade Estadual do Ceará-UECE/ Profa. Ms. Curso de Geografia da FAFIDAM/UECE  
[a\\_cavalcante@uece.br](mailto:a_cavalcante@uece.br)

MAIA, R.P.<sup>2</sup>

2. Faculdade de Tecnologia – CENTEC. Prof. Ms. do Curso de Saneamento Ambiental.  
[rubsonpinheiro@yahoo.com.br](mailto:rubsonpinheiro@yahoo.com.br)

MORAIS, J.O. de<sup>3</sup>

3. Universidade Estadual do Ceará – UECE./ Prof. Dr. Curso de Geografia da UECE. Pesquisador 1A –  
CNPq. [jader@uece.br](mailto:jader@uece.br)

### **RESUMO**

Atuando como grandes agentes modeladores da paisagem, os rios constituem um dos elementos naturais mais dinâmicos da superfície terrestre, estando sob a regência dos processos exógenos comandados, principalmente, pelo clima. Pela dinamicidade que exercem, os rios evoluem continuamente, aprofundando e alterando canais, mudando ou abandonando seus cursos, sendo produto na atualidade, de um longo processo construtivo e/ou destrutivo. “As diversas formas de erosão produzem partículas que são transportadas pelas águas para as partes mais baixas e para os canais fluviais. As águas que escoam no próprio rio também produzem erosão de margens e leito, cujas partículas se incorporam ao escoamento. Assim, o sedimento vai sendo transportado em suspensão ou no leito, sendo isso uma função do tamanho e peso da partícula, da velocidade e forma de escoamento, da declividade do curso d’água, da disponibilidade de sedimentos e outros fatores, existindo partículas que ora estão em suspensão, ora estão no leito” (CARVALHO, 1998). É evidente que essa taxa de material transportada é dada em função tanto de processos que naturalmente ocorrem no leito dos rios como de maiores ou menores interferências antrópicas que venham a ocorrer. O trabalho ora apresentado propõe levantar pontos de discussão sobre a dinâmica fluvial de alguns trechos do rio Jaguaribe-Ce em períodos diferentes, com enfoque direto nas taxas de sedimentos transportados por este rio. Utilizando os métodos propostos por Carvalho (1994), realizou medições de vazão e concentração de sedimentos para fins de determinação de taxas de descarga sólida em suspensão em pontos pré-estabelecidos e monitorados mensalmente com o apoio da COGERH. As análises de taxas de material em suspensão contaram com o apoio dos laboratórios de Saneamento (UFC) e de Química (FAFIDAM), onde estas foram realizadas utilizando o método da filtração proposto por Greenberg et.al. (1992). Os resultados obtidos a partir dos levantamentos realizados em 1999-2000 destacam os contrastes das taxas de transporte, mostrando que a carga sólida transportada no período chuvoso (850 mm) foi cerca de quarenta vezes maior que a do período seco, confirmando, segundo Carvalho (1994), que cerca de 70% a 90% dos sedimentos transportados pelos cursos d’água ocorrem em função das fortes precipitações. Especialmente no período de estiagem, a produção de sedimentos apresentou valores muito baixos, mostrando que as margens, mesmo estando desprotegidas, não oferecem grandes prejuízos aos canais, pois o rio não possui capacidade nem competência para o arraste de materiais do leito, nem das margens.

Palavras-Chaves: Descarga sólida, Degradação, Baixo Jaguaribe-Ce.

### **INTRODUÇÃO**

Atuando como grandes agentes modeladores da paisagem, os rios constituem um dos elementos naturais mais dinâmicos da superfície terrestre, estando sob a regência dos processos exógenos comandados, principalmente, pelo clima. Pela dinamicidade que exercem, os rios evoluem continuamente, aprofundando e alterando canais, mudando ou abandonando seus cursos, sendo produto na atualidade, de um longo processo construtivo e/ou destrutivo. A drenagem de uma região configura-se a partir de duas grandes variáveis: a contextualização geológica e a climática. Por essa razão os padrões de drenagem dos rios

Brasileiros mostram-se tão diferenciados, já que temos condições climáticas e geológicas bastante distintas em virtude da dimensão territorial do país.

O tipo e o modelado das rochas distribuídas pela superfície terrestre atuam como agentes definidores da configuração das bacias de drenagem, sendo, na grande maioria das vezes, responsáveis pela forma e distribuição dos canais, que naturalmente, evoluem por meio da atuação dos agentes climáticos da área. Evidentemente, a partir do clima, cada canal fluvial estabelece suas próprias características, definindo seus próprios padrões hidrodinâmicos.

O trabalho ora apresentado propõe levantar pontos de discussão sobre a dinâmica fluvial de alguns trechos do rio Jaguaribe-Ce em períodos diferentes, com enfoque direto nas taxas de sedimentos transportados por este rio. Trata-se de um estudo de caso, produto de um acompanhamento que vem sendo realizado no Baixo Jaguaribe, tendo como finalidade principal a discussão sobre estudos de descarga sólida.

Apesar de ser uma problemática já evidenciada em vestígios de muitas obras antigas (2000 a.C.) em áreas da China, Egito e Mesopotâmia, as informações sedimentológicas correspondente aos registros de vazão sempre foram muito negligenciadas (CARVALHO, 1994).

“As diversas formas de erosão produzem partículas que são transportadas pelas águas para as partes mais baixas e para os canais fluviais. As águas que escoam no próprio rio também produzem erosão de margens e leito, cujas partículas se incorporam ao escoamento. Assim, o sedimento vai sendo transportado em suspensão ou no leito, sendo isso uma função do tamanho e peso da partícula, da velocidade e forma de escoamento, da declividade do curso d’água, da disponibilidade de sedimentos e outros fatores, existindo partículas que ora estão em suspensão, ora estão no leito” (CARVALHO, 1998). É evidente que essa taxa de material transportada é dada em função tanto de processos que naturalmente ocorrem no leito dos rios como de maiores ou menores interferências antrópicas que venham a ocorrer.

Para os estudos de descarga sólida (vazão sólida), a análise dos processos de transporte de sedimentos torna-se fundamental. Na avaliação de tais processos muitos fatores devem ser levados em consideração. Entretanto, é necessário destacar que o transporte de sedimentos que se processa nos cursos d’água ocorre essencialmente na época chuvosa, quando a desagregação de material e a velocidade de fluxo tornam-se maiores.

Daí a precipitação ser um fator determinante dentro deste processo, uma vez que é responsável pela capacidade de produzir escoamento, fator que implica diretamente na produção de sedimentos. Como visto anteriormente, o desenvolvimento do processo de transporte depende de uma série de outros fatores que de uma maneira ou de outra vão influenciar no volume de sedimentos transportados. Para tanto, o conhecimento dos aspectos geoambientais de uma determinada área a ser estudada torna-se essencial para o entendimento do processo em uma escala têmporo-espacial.

Ressalta-se que além das influências dos aspectos físico-naturais, as atividades humanas também podem influenciar na intensidade dos processos e na produção de sedimentos, causando muitas vezes grandes prejuízos decorrentes da remoção descontrolada de materiais em bacias hidrográficas.

Como visto inicialmente, o transporte de sedimentos em um curso d'água é dado sob duas formas: em suspensão e no leito. Segundo CARVALHO (1994), a maior carga dos sedimentos transportados é sempre em suspensão, representando cerca de 90% do total anual. Na prática, as cargas em suspensão são mais facilmente procedidas que as de carga de fundo, uma vez que as interferências no movimento desta dependem de muitos fatores como granulometria, vazão líquida e outros parâmetros hidráulicos.

Na determinação da descarga sólida em suspensão, apenas duas grandezas são fundamentais para seu cálculo: concentração média de sedimentos e vazão líquida. Sabendo que a distribuição de sedimentos em uma seção varia de um lado para o outro e da superfície para o fundo, devido, principalmente, à velocidade de corrente, considerada menor perto das margens e maior ao centro, as medidas de concentração e vazão líquida devem ser realizadas ao longo da seção de forma pontual ou vertical, em um número adequado de posições, de acordo com a largura do talvegue a ser monitorado. De acordo com a Figura 01, pode-se observar que a velocidade decresce da superfície para o fundo, enquanto a concentração age em sentido inverso. Por essa razão, a descarga sólida de um rio mantém certa uniformidade da superfície para o fundo, já que esta é determinada pelo produto desses dois parâmetros.

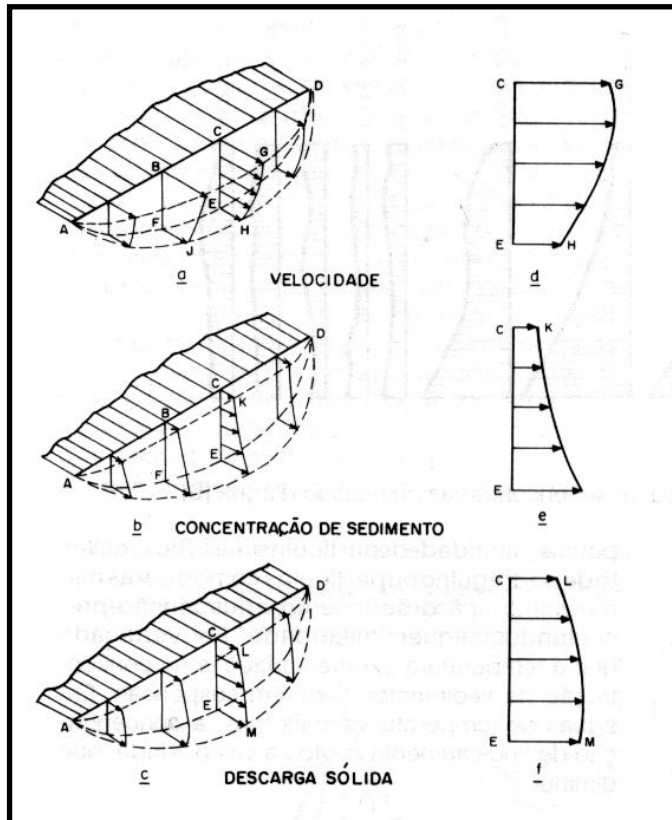


Figura 01 – Diagrama de distribuição de velocidade, concentração de sedimentos e descarga sólida nos cursos d'água.  
Fonte: CARVALHO (1994)

O que se vai abordar neste trabalho refere-se apenas ao transporte de sedimentos em suspensão, uma vez que este, além de ser mais facilmente quantificado, representa, na maioria dos casos, a maior parte da carga transportada. Assim a descarga sólida em suspensão será determinada pela equação:

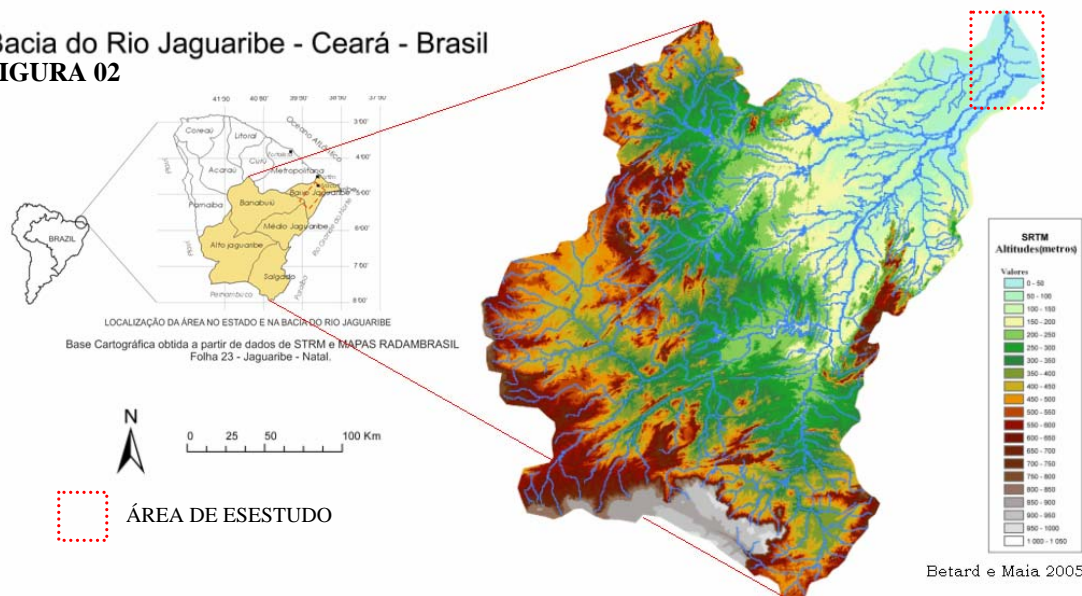
$$Q_{ss} = Q_L \cdot C_s \quad (2.1)$$

Onde:  
 $Q_{ss}$  – Descarga Sólida em Suspensão  
 $Q_L$  – Vazão líquida  
 $C_s$  – Concentração de sedimentos

## ÁREA DE ESTUDO

Situada na porção leste do Estado do Ceará, a bacia hidrográfica o rio Jaguaribe abrange uma área de aproximadamente 72.043Km<sup>2</sup>, englobando uma dimensão territorial de quase metade do Estado Cearense. Trata-se da maior bacia desse Estado, sendo, portanto, a região potencialmente hídrica mais importante do mesmo (Figura 02).

Bacia do Rio Jaguaribe - Ceará - Brasil  
**FIGURA 02**



A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe está disposta em terrenos predominantemente cristalinos, fato que impõe a definição de um padrão de drenagem, preferencialmente, dendrítico e subdendrítico. O regime natural intermitente dos rios justifica-se pela condição climática da área, localizada dentro do Polígono das Secas, com chuvas concentradas e mal distribuídas, girando em torno dos 700 – 1000 mm por ano. Em virtude do grande número de açudes públicos e particulares, a bacia do Jaguaribe possui hoje uma capacidade de armazenamento da ordem de 12,9 bilhões m<sup>3</sup>, cujo maior potencial está localizado no médio Jaguaribe, região detentora do maior açude do Ceará e um dos maiores do Nordeste - O Castanhão (6,8 bilhões de m<sup>3</sup>). Essa realidade faz com que o rio Jaguaribe, que já foi considerado o maior rio seco do mundo, passe da condição de rio intermitente para a condição de rio perenizado, tornando possível o melhor abastecimento e o desenvolvimento deste Vale.

A área de estudo está situada na região do Baixo Jaguaribe que juntamente com as sub-bacias do Médio, Alto, Banabuiú e Salgado formam a bacia hidrográfica em questão. O Baixo Jaguaribe apresenta uma área de aproximadamente 8.893 km<sup>2</sup>, sendo responsável por um escoamento médio anual de 42,89 hm<sup>3</sup>. A bacia conta com aproximadamente 207 açudes, dentre os quais apenas o açude Santo Antônio de Russas é monitorado pela COGERH. Sua capacidade de acumulação totaliza cerca de 296,71 hm<sup>3</sup> (PERH, 1992).

É evidente que para os estudos de transporte de sedimentos é importante considerar a influência dos barramentos de cursos d'água e dos açudes. Segundo dados do PERH

(1992) são cerca de 7.500 açudes a nível de Ceará, em que grande parte estão situados na bacia do Jaguaribe.

## METODOLOGIA

O trabalho apresenta um estudo comparativo sobre descarga sólida enfocando duas áreas distintas na região que foram avaliadas em dois períodos diferentes. A primeira, localizada no município de Jaguaruana-Ce foi acompanhada durante um período de um ano (dados de 1999 e 2000), enquanto a segunda, acompanhada mais recentemente (2006), está localizada à montante da primeira, no município de Limoeiro do Norte (Figura 03).

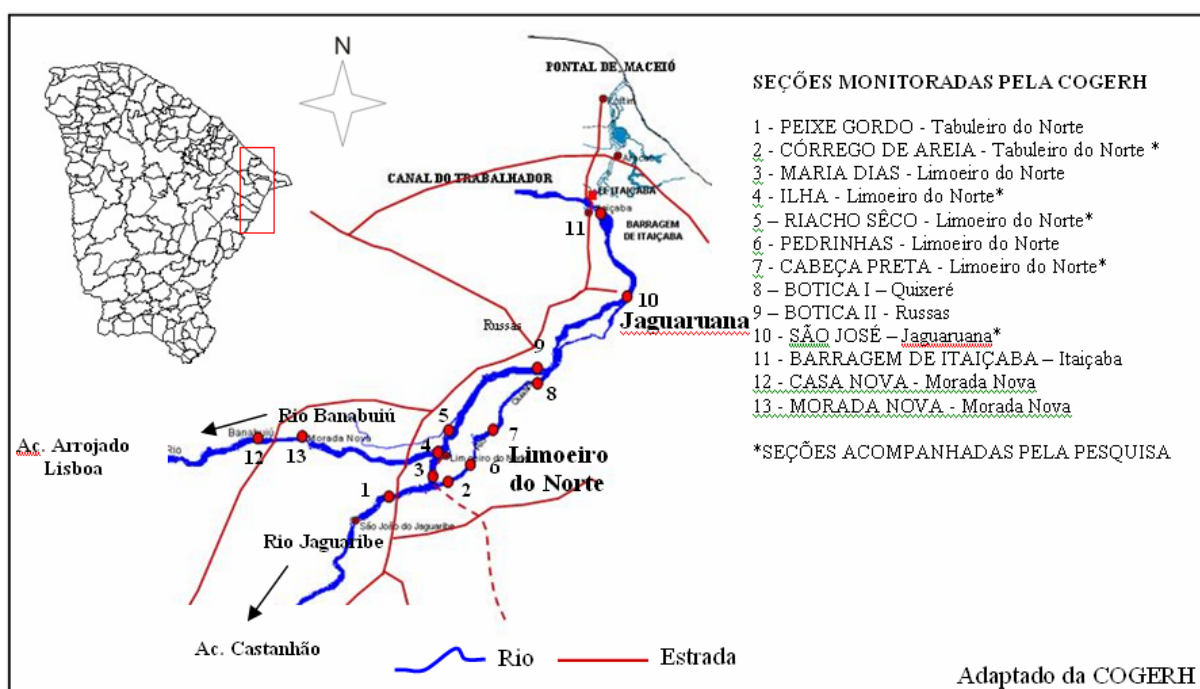


Figura 03 – Distribuição geral dos canais no Baixo Jaguaribe e Pontos de vazão monitorados pela COGERH. Os pontos demarcados com \* na legenda representam as seções acompanhadas pela pesquisa.

Utilizando os métodos propostos por Carvalho (1994), realizou medições de vazão e concentração de sedimentos para fins de determinação de taxas de descarga sólida em suspensão em pontos pré-estabelecidos e monitorados mensalmente com o apoio da COGERH - Limoeiro do Norte. As análises de taxas de material em suspensão contaram com o apoio dos laboratórios de Saneamento (UFC) e de Química (FAFIDAM), onde estas foram realizadas utilizando o método da filtração proposto por Greenberg et.al. (1992).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira etapa de resultados da pesquisa mostra que as precipitações influenciam diretamente nas vazões dos canais, e por sua vez, estas influenciam diretamente na descarga sólida dos pontos, confirmando os preceitos teóricos definidos por Carvalho (1994) e

Cavalcante (2001). Além das influências das precipitações, a variação de descarga sólida pode ser agravada pela forma uso da bacia, que poderá funcionar como agente intensificador de processos.

Os resultados obtidos a partir dos levantamentos realizados em 1999-2000 destacam os contrastes das taxas de transporte, mostrando que a carga sólida transportada no período chuvoso (850 mm) foi cerca de quarenta vezes maior que a do período seco, confirmando, segundo Carvalho (1994), que cerca de 70% a 90% dos sedimentos transportados pelos cursos d'água ocorrem em função das fortes precipitações. Cavalcante (2001), afirma que no caso de rios efetivamente intermitentes, a exemplo do Jaguaribe, que não têm poder de escoamento próprio devido às limitações climáticas, 98% dessas cargas ocorrem nesse período. Mesmos nessas condições, estudos de descarga sólida devem ser realizados a partir do acompanhamento de pelo menos um ciclo completo (Gráficos 01 e 02).

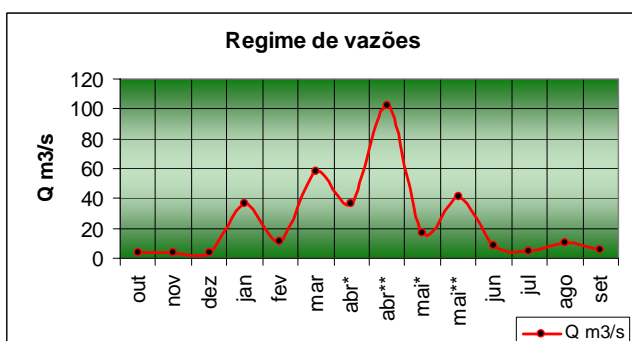


Gráfico 01 – Regime anual de vazões levantado a partir do monitoramento efetuado no município de Jaguaruana – 1999-2000

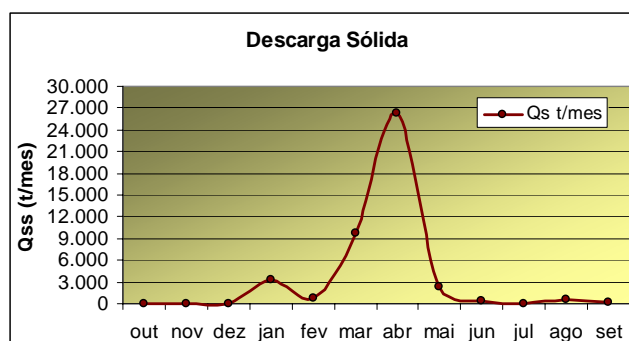


Gráfico 02 – Descarga sólida da seção São José (Jaguaruana) – 1999-2000

Totalizando uma média anual de 43.767,3 t/ano, a taxa de descarga sólida observada neste ponto (Jaguaruana) parece mostrar-se pouco representativa se comparados com os valores de descarga sólida em suspensão para o rio Amazonas que transporta, segundo Carvalho *et al.* (1998), uma das maiores cargas sólidas do mundo ( $1.161 \times 10^6$  t/ano), perdendo apenas para o rio Ganges, responsável pelo maior delta do mundo transportando cerca de  $1.670 \times 10^6$  t/ano, e para rio Huangho que transporta uma carga sólida total média de  $1.640 \times 10^6$  t/ano (CAVALCANTE *et al.* 2001).

Naturalmente, trata-se de casos diferentes que devem ser avaliados de acordo com as particularidades de cada um. O rio Amazonas, por localizar-se numa região de altas precipitações e tratar-se de um rio muito caudaloso que tem vida própria, produz grandes taxas de sedimentos que são removidos e depositados no oceano, muito embora, segundo

Meade (1996) *apud* Carvalho *op. cit.*, 82% do total de sedimentos deste rio sejam derivados dos Andes que, apesar de deterem somente 12% da área da bacia, são responsáveis por 90% a 95% da carga sólida do mesmo.

Para o Jaguaribe, as limitações devem-se, principalmente, às questões de disponibilidade de água no sertão nordestino. Em virtude disso, a luta pelo aproveitamento de água sem nenhum desperdício para o oceano é vista sob a forma de um grande número de açudes dispersos em toda a bacia do Jaguaribe. Assim, os sedimentos que deveriam chegar ao baixo curso ficam, em parte, aprisionados pelo caminho, desencadeando nesses locais problemas de assoreamento, que diminuem a vida útil de reservatórios, enlanguescendo os canais e conseqüentemente, aumentando o espelho d'água, que para nossa região não é satisfatório devido o alto índice de evaporação (CAVALCANTE et. al. 2001).

Com isso, apesar do alto índice de degradação da bacia do Jaguaribe e, por conseguinte, do desprendimento de um grande volume de sedimentos das margens, o rio Jaguaribe encontra hoje no assoreamento um dos seus grandes obstáculos, cujos reflexos se fazem sentir no baixo volume de carga sólida transportada.

Aprofundando a discussão outras questões são levantadas. Comparando as taxas transportadas nas duas áreas monitoradas, é possível perceber grandes variações de comportamento nestes canais no mês de janeiro. Tratam-se de áreas com características muito particulares, e evidentemente, com usos diferentes. Entretanto, as áreas foram acompanhadas em períodos diferentes em que suas variações pluviométricas indicam condições específicas e que precisam ser consideradas.

O município de Limoeiro do Norte, representado pelas seções 2, 4, 5 e 7, apresenta um sistema de drenagem que a partir da década de 1990 passa a sofrer fortes alterações morfológicas em função do elevado nível de assoreamento de seus canais (MAIA et.al., 2004). A idéia de observar essa área se deu justamente pela necessidade de obter informações quanto ao comportamento hidrossedimentológico de áreas degradadas e parcialmente degradadas.

No município de Jaguaruana, apesar da seção estudada situar-se nas proximidades de áreas amplamente irrigadas no período monitorado, evidenciou-se que esta apresentava um canal com características relativamente conservadas. Por outro lado, representava e representa o ponto de convergência dos canais deste rio no baixo curso, o que favorece maior concentração de águas, e, conseqüentemente, maior volume e velocidade mesmo numa área de baixos gradientes.



A tabela 01 apresenta uma comparação dos valores de descarga sólida, vazão e concentração, e destaca valores maiores para a seção de Jaguaruana (ponto 10). Se observarmos o gráfico 03 veremos que as precipitações em janeiro de 2000 foram cerca de 5 vezes maiores que em janeiro de 2006, e esse fator, naturalmente, é um dos que devem representar maior influência no regime de vazões, e, conseqüentemente na descarga sólida.

Tabela 01 – Valores comparativos, para o mês de janeiro, das taxas de vazão, concentração e descarga sólida dos pontos monitorados.

	PONTO 2*	PONTO 4*	PONTO 5*	PONTO 7*	PONTO 10**
<b>Q (m³/s)</b>	7,18	0,7	0,91	2,8	36,92
<b>C (mg/l)</b>	3,6	3,5	3,2	3,8	33,4
<b>Qss (g/s)</b>	25,84	2,45	2,9	10,64	1,233

\* Observado em janeiro de 2006/ \*\*Observado em janeiro de 2000.

Outro fator que merece atenção é a questão do início do funcionamento do Açude Castanhão a partir de 2002, que passa a segurar, no médio curso deste rio, boa parte das águas da bacia. A exemplo da importância deste fator, podemos observar que mesmo analisando o regime pluviométrico geral desse período (2000-2006), em que as precipitações não ultrapassam os 900 mm, destaca-se um aumento considerável das precipitações de janeiro de 2004, que sem a presença do açude poderia ter deixado todo o baixo vale inundado, elevando as vazões em possivelmente mais de 100m³/s (Fotos 1A e 1B).

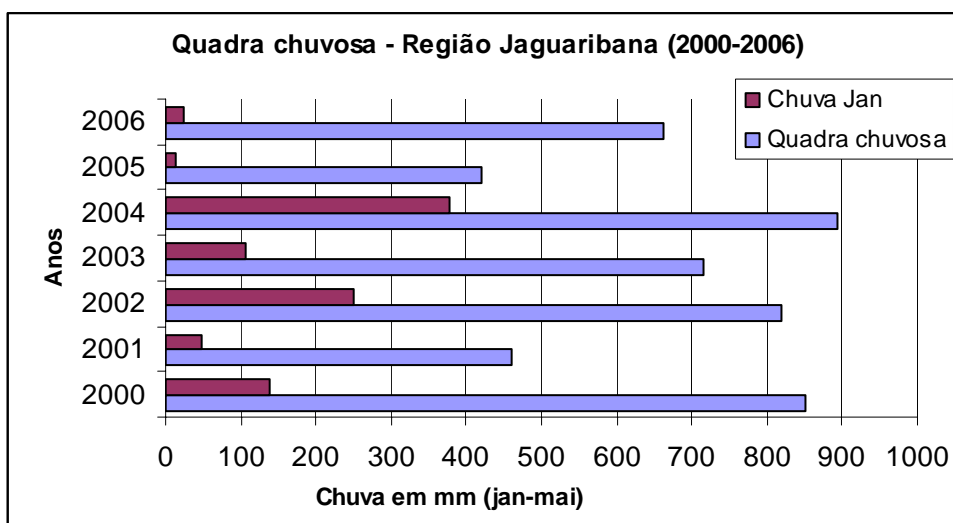


Gráfico 03 – Regime de Precipitações da Quadra Chuvosa da Região Jaguaribana para os anos de 2000-2006, com enfoque no mês de janeiro.

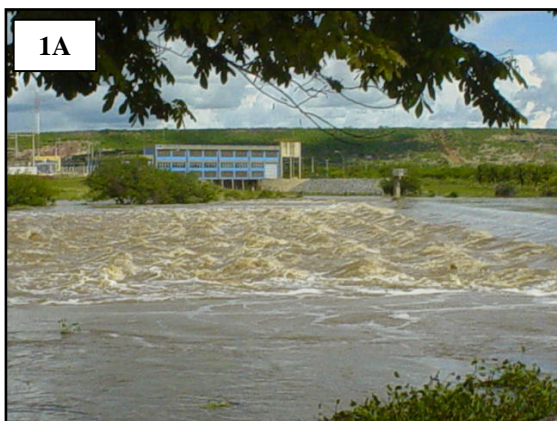


Foto 01 – (A) Rio Quixeré (Barragem das Pedrinhas) em Limoeiro do Norte em janeiro de 2004. (B) Detalhe do mesmo rio mostrando nível da água elevado em mais de 3m, cobrindo as barracas.

Torna-se então evidente que a comparação entre os pontos de Limoeiro e o de Jaguaruana precisam levar em consideração: a variação pluviométrica significativa entre os dois anos; o início das atividades do açude castanhão a partir de 2002; e as características dos canais.

## CONCLUSÕES

O entendimento dos processos hidrossedimentológicos atuantes em canais fluviais nas regiões semi-áridas requer maior acompanhamento e levantamento de dados em um maior número de bacias hidrográficas, a fim de permitir uma avaliação mais consistente sobre o comportamento destas. Particularmente, o regime de precipitações concentrado tende a revelar um incremento na produção de sedimentos nesse período, tanto pelo maior atrito da água no próprio canal, elevando a capacidade e a competência do rio, quanto pela desagregação de margens desprotegidas, que são lavadas pelas precipitações, depositando-se nos fundos de vales.

No período de estiagem, a produção de sedimentos apresentou valores muito baixos, mostrando que as margens, mesmo estando desprotegidas, não oferecem grandes prejuízos aos canais, pois o rio não possui capacidade nem competência para o arraste de materiais do leito, nem das margens.

A produção de sedimentos numa bacia hidrográfica depende, naturalmente, dos materiais constituintes da bacia e de seu regime de precipitações, considerando a intensidade destas. Evidentemente, se uma área é degradada, isso reflete um aumento na produção de materiais, que tanto podem ser arrastados, quanto depositados pelo rio gerando áreas potencialmente erosivas ou acumulativas. No caso do Jaguaribe, muitos

estudos ainda precisam ser realizados para um entendimento mais completo. Entretanto, as evidências do assoreamento são claras em muitos pontos desse baixo curso, que mesmo transportando aparentemente altas taxas de materiais, os dados refletem uma realidade fora dos padrões. A irregularidade das taxas transportadas entre os períodos faz com que esses materiais depositem-se rapidamente no leito desses canais de acordo com a redução pluviométrica, formando bancos arenosos que, paulatinamente promovem o assoreamento, essencialmente em áreas de baixas declividades, como o baixo curso de rios.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CARVALHO, N.de O.; CUNHA, S.B.da. Estimativa de Carga Sólida do Rio Amazonas e seus principais Tributários para a Foz e Oceano: Uma Retrospectiva. **A água em revista**. Ano VI, nº10, jun/1998.
- 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.
- CAVALCANTE, A.A.; MORAIS, J.O. de; ARAÚJO, J.C. de. Compartimentação Geoambiental e Descarga Sólida no Baixo Jaguaribe. **Essentia**, Sobral-Ce, v.3, 2001.
- CEARÁ, Governo do Estado do. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará**. Secretaria de Recursos Hídricos - SRH, Fortaleza, 1992.
- GREENBERG, A.E.; CLESCEN, L.S. e EATON, A.D. **Standard Methods**. For the examination of water and wastewater. 18th edition, 1992.
- MAIA, R.P.; CAVALCANTE, A.A. **Erosão e Assoreamento do Rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte-Ce: marcas de uma evolução acelerada**. In: Anais do V SINAGEO e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. Santa Maria-RS, 2004.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambientes Fluviais**. 2ª ed. Florianópolis, Editora da UFSC: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1990.