

Controle de Vazões e Dinâmica de Canais no Baixo Jaguaribe-Ce

Marcos de Brito Bezerra. Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos – FAFIDAM/ UECE. Mestrando do Mestrado Acadêmico em Geografia da UECE. marcos_geo@hotmail.com.
Andrea Almeida Cavalcante. Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos – FAFIDAM/ UECE. andreauece@gmail.com. Jáder Onofre de Morais. Universidade Estadual do Ceará - UECE. Pesquisador 1A CNPq. jader@uece.br. Lidriana de Sousa Pinheiro. Universidade Estadual do Ceará – UECE. Bolsista PQ-2 CNPq lidriana@uece.br.

RESUMO

A configuração das bacias de drenagem está diretamente associada à dinâmica constante dos canais fluviais, que especialmente em regiões semi-áridas, adquirem diferentes espacialidades de acordo com a sazonalidade. O comportamento desses canais depende diretamente da vazão que é uma variável independente e dominante que atua como modificadora dos possíveis ajustamentos sofridos pelo canal fluvial. Os canais fluviais podem apresentar variações na sua dinâmica decorrente de inúmeros fatores, sejam eles naturais como às ações do clima e da chuva, ou antrópicos a exemplo da agricultura, da pecuária, da mineração dentre outros. Atualmente a retirada da mata ciliar ao longo dos rios, a produção agrícola mal planejada, a mineração, a pecuária de pequeno porte, o lançamento de resíduos nas margens e outras atividades associadas ao aproveitamento do solo, trazem danos incalculáveis aos corpos d'água. O problema da degradação de bacias hidrográficas está presente em todo o Brasil, como também em outros países. Dessa forma, os estudos realizados para o entendimento do funcionamento desses sistemas tornam-se extremamente importantes no subsídio de tomadas de decisão que visam à melhoria do gerenciamento das bacias hidrográficas. Nesse sentido, este trabalho propõe contribuir para o entendimento dos processos fluviais, especialmente os relacionados à descarga sólida, fazendo um recorte específico para a sub-bacia do Baixo Jaguaribe no Estado do Ceará. A metodologia para a coleta e trato das informações sobre o transporte de materiais seguiu as técnicas utilizadas por Carvalho (1994, 2000), em etapas que partiram desde a revisão bibliográfica até os trabalhos de campo, laboratório e tratamento de mapas e imagens de satélite. Para a análise e correlação das informações utilizou-se o princípio sistêmico trabalhado por Bertrand (1969) e Souza (2001). Devido a grande preocupação com a regularização desta bacia desde a década de 1960, o desenvolvimento de pesquisas no sentido de avaliar os prejuízos que os sedimentos podem causar, principalmente, no que diz respeito ao assoreamento de canais, tem se dado de forma pontual. Os resultados obtidos denunciam em primeira análise que a área em questão possui um setor fortemente degradado pelas atividades de uso e ocupação do solo e outro mais conservado, embora também possua indícios de degradação. Notadamente, o setor mais crítico do ponto de vista dos riscos são os pontos 04 e 05 situados no leito abandonado do Rio Jaguaribe, trecho de aproximadamente 10 km que se encontra em processo forte de assoreamento. Nas proximidades desses pontos se localiza um dos bairros mais pobres e problemáticos. É fortemente explorado pela mineração desordenada e pelo despejo de resíduos sólidos e líquidos. Assim, é fácil compreender porque se torna uma das áreas mais assoreadas na região, e que regularmente, sofre com inundações. Em outro setor, os pontos 01, 02 e 03, apresentam uma característica diferenciada dos demais, possuindo um nível de degradação menor. Importante destacar que, as elevadas concentrações geradas pela degradação destas áreas podem elevar o transporte de sedimentos e gerar fortes problemas em áreas marcadas por muitos reservatórios, como é o caso da bacia do Jaguaribe.

Palavras-Chave: Vazão; Descarga sólida; Baixo Jaguaribe

Control of Flow and Channels Dynamics on the Low Jaguaribe-Ce River

Marcos de Brito Bezerra. Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos – FAFIDAM/ UECE. Mestrando do Mestrado Acadêmico em Geografia da UECE. marcos_geo@hotmail.com.
Andrea Almeida Cavalcante. Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos – FAFIDAM/ UECE. andreauece@gmail.com. Jáder Onofre de Morais. Universidade Estadual do Ceará - UECE. Pesquisador 1A CNPq. jader@uece.br. Lidriana de Sousa Pinheiro. Universidade Estadual do Ceará – UECE. Bolsista PQ-2 CNPq lidriana@uece.br.

ABSTRACT

The configuration of drainage basins is strongly linked to fluvial channels dynamics, that especially in semi-arid regions, acquire different positions according to seasonality. The behavior of such channels depends directly from flow, an independent and dominant variable that acts modifying possible adjustments that the channel was submitted to. Fluvial channels may present variations in there dynamics deriving from different factors, that can be natural such as climate and rain, or anthropic such as agriculture, livestock, mining, between others. Currently, the withdrawal of riparian forest along rivers, bad agricultural planning, mining, small livestock production, the discharge of residues on margins and other activities associated to soil use, bring incalculable damage to the water bodies. The problem of drainage basins degradation is present in Brazil, as in other countries. This way, studies involved with the understanding of how this systems work become extremely important to help making decisions that intend to manage drainage basins. This work is a contribution for the understanding of fluvial processes, especially those related to solid discharge, specifically for the sub basin of Baixo Jaguaribe in the state of Ceará. The methodology for collecting and treating the information about material transport followed the same techniques as in Carvalho (1994, 2000), in steps from bibliographic review to field work, laboratory and treatment of maps and satellite images. For analysis and correlations of information, the systemic principle worked by Bertrand (1969) and Souza (2001) was used. Because of the preoccupation regarding the regularization of this basin since the 60's, the development of researches that evaluate the prejudice that sediments may cause, mainly concerning channel silting, has been punctual. The results obtained show at first analysis that the area has two sectors. The first is strongly degraded, affected by soil use and occupation activities. The second is more conserved, although it also shows degradation evidence. As was noted, the most critical in terms of risks are the points 04 and 05 located in the abandoned bed of river Jaguaribe, approximately 10 km stretch of which is in the process of heavy silting. In the vicinity of these points is located one of the poorest neighborhoods and problematic. It is heavily exploited by mining disorderly and the dumping of solid and liquid waste. Thus, it is easy to understand because it is one of the most assoreadas areas in the region, and that regularly, suffers from floods. In another sector, points 01, 02 and 03, have a characteristic different from the others, having a lower level of degradation. Important to emphasize that the high concentrations generated by the degradation of these areas may raise the transport of sediment and create considerable problems in areas marked by many reservoirs, such as the basin of the Jaguaribe.

Key-words: Flow; Solid discharge; Low Jaguaribe river

1. Introdução

As correntes fluviais representam um dos mais importantes agentes geológicos, desempenhando um papel de grande relevância não só na escultura do modelado da superfície terrestre, como também no condicionamento ambiental da vida do homem (BIGARELA, 2003).

Os processos de erosão, transporte e deposição em bacias hidrográficas são exercidos por rios naturais e tem grande influência na formação e configuração de canais e áreas de drenagem. Ao longo dos cursos dos canais fluviais, há uma certa relação dos processos naturais de erosão, transporte e deposição com o local de ocorrência destes. No alto curso predomina os processos erosivos, no médio curso há uma predominância do transporte, e no baixo curso a deposição é predominante devido principalmente a diminuição da velocidade e do gradiente de inclinação. Assim sendo, a erosão, o transporte e a deposição possuem papel relevante no desenvolvimento das formas adquiridas pelas bacias de drenagem e os canais fluviais.

Os canais fluviais podem apresentar variações na sua dinâmica decorrente de inúmeros fatores, sejam eles naturais como às ações do clima e da chuva, ou antrópicos a exemplo da agricultura, da pecuária, da mineração, dentre outros. Quanto às alterações poderam ser de ordem morfológica, sedimentológica ou hidrossedimentológica, embora todas estas estejam intimamente relacionadas.

Naturalmente, a forma e distribuição das bacias hidrográficas hoje existentes foram produzidas ao longo de um processo evolutivo (da ordem de milhões de anos), cujas abordagens relacionadas às mudanças climáticas não podem ser desconsideradas.

No Brasil, os rios são fortemente interceptados por grandes barragens com finalidades de geração de energia. Ao passo que, o expressivo volume dos sedimentos produzidos pelos processos erosivos são interceptados e acumulados nos reservatórios ao longo dos rios, gerando entre outros problemas, a perda da qualidade da água e a diminuição da capacidade de acumulação.

Segundo PRESS *et. al.* (2006), em todo o mundo, os rios transportam, anualmente, cerca de 16 bilhões de toneladas de sedimentos clásticos e, além disso, 2 a 4 bilhões de toneladas de material dissolvido. Em certos lugares, a carga sedimentar dos rios aumentou devido à agricultura e a erosão acelerada. Porém, em outros casos, a carga

sedimentar foi reduzida pela construção de barragens, que retêm os sedimentos atrás de seus diques de contenção. A determinação de material insolúvel em suspensão fornece informações sobre a velocidade da erosão e o volume de detritos removido pelas águas (BIGARELA, 2003).

Atualmente a retirada da mata ciliar ao longo dos rios, a produção agrícola mal planejada, a mineração, a pecuária de pequeno porte, lançamento de resíduos nas margens e outras atividades associadas ao aproveitamento do solo, trazem danos incalculáveis aos corpos d'água.

O problema da degradação das bacias hidrográficas esta presente em todo o Brasil, como também em outros países. Dessa forma, os estudos realizados tentando entender como ocorre o funcionamento desses sistemas é extremamente importante para subsidiar as tomadas de decisão que visam à melhoria do gerenciamento das bacias hidrográficas. Nesse sentido, este trabalho propôs contribuir para o entendimento dos processos fluviais fazendo um recorte específico para a bacia do Baixo Jaguaribe no Estado do Ceará.

A Bacia Hidrográfica do rio Jaguaribe possui uma área de 74,621 km², representando 48% da área do estado do Ceará e situa-se entre os paralelos de 4° 40' e 8° S e os meridianos de 37° 30' e 41° W. Apresenta uma largura variável ao longo da sua extensão, desde o alto e médio curso com 220 km, no baixo curso varia em torno de 80 km e 40 km na foz.

2. Metodologia

A metodologia foi baseada em revisão bibliográfica, trabalhos de campo, etapas de laboratório, tratamento de mapas e imagens de satélite. Em campo, com base em critérios metodologicamente obedecidos, foram distribuídos 06 (seis) pontos estratégicos de forma que tivesse representatividade de toda a área em questão, e assim obter resultados mais concisos e confiáveis. Assim os pontos foram divididos da seguinte forma: Ponto 01: Peixe Gordo e Ponto 02: Córrego de Areia - Tabuleiro do Norte; Ponto 03: Cabeça Preta e Ponto 04: Banabuiú - Limoeiro do Norte; Ponto 05: Flores - Russas e Ponto 06: Mina – Jaguaruana (Figura 01).

Após levantamento de informações pré-existentes foram realizadas coletas diretas de dados em campo, onde foram feitas medidas sistemáticas de vazão e amostragens de água para definição de sólidos suspensos totais para a determinação da descarga sólida, e posteriormente uma compilação e análise dos dados obtidos. Como base teórica foram utilizados trabalhos de Cunha *et.al.* (2002), Carvalho (1994, 2000), Cavalcante (2001) para a análise de transporte de materiais, e Bertrand (1969) e Souza (2001) para a compreensão sistêmica.

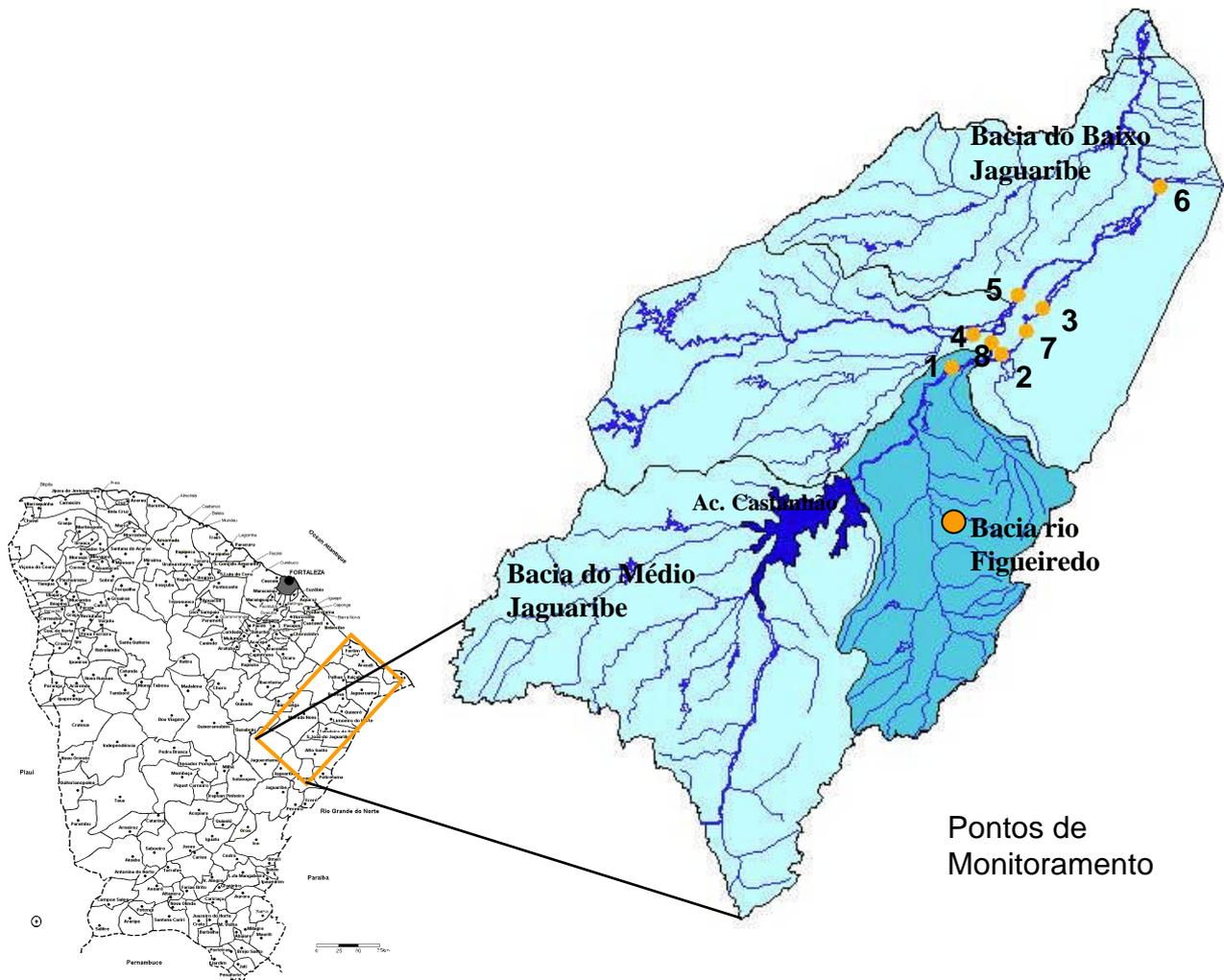


Figura 01– Localização das seções de Monitoramento

Conforme orientação de Carvalho (1994), a medição de vazão foi feita a partir da coleta direta de dados de velocidade de corrente com o uso de um molinete do tipo hélice; e indiretas para a determinação da concentração de sedimentos a partir das coletas de água nos mesmos pontos de medições de vazões utilizadas na definição de sólidos suspensos.

Para a definição dos sólidos suspensos utilizou-se o método da filtração, estabelecendo para cada amostra o uso de um volume médio de 1,5l, variando conforme a período e o ponto de coleta.

De posse dos resultados das análises foram estabelecidas as correlações entre os resultados encontrados e as atividades desenvolvidas na área.

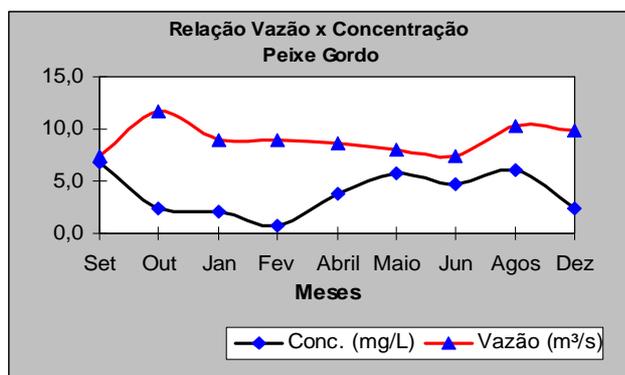
3. Resultados

A bacia do Baixo Jaguaribe apresenta uma área de aproximadamente 8.893 km², representando 48% do Estado do Ceará. Localizada no leste do Estado, é responsável por um escoamento médio anual de 42,89 hm³ e uma capacidade de acumulação totalizada em cerca de 296,71 hm³ (PERH, 1992). Esta sub-bacia conta com aproximadamente 207 açudes. Apesar de contar com um número reduzido de açudes quando comparado aos 7.500 açudes existentes em nível de Ceará (PERH, 1992), a área apresenta um grande número de pequenos barramentos que funcionam como acumuladores de água e aprisionadores de materiais, alterando significativamente a morfologia dos canais.

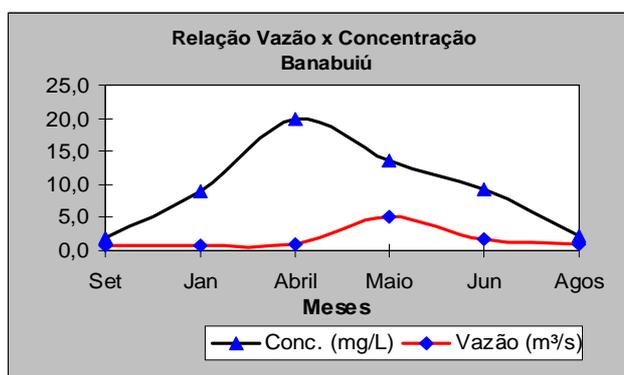
Devido a grande preocupação com a regularização desta bacia desde a década de 1960, o desenvolvimento de pesquisas no sentido de avaliar os prejuízos que os sedimentos podem causar, principalmente, no que diz respeito ao assoreamento de canais, tem se dado de forma pontual. Dessa forma, destaca-se que os estudos de transporte de sedimentos realizados no baixo curso desta bacia precisam necessariamente considerar que esta se trata de uma bacia com um regime de regularização artificial bastante forte, cerca de 207 açudes, onde o Baixo Curso do rio Jaguaribe é regularizado pelo açude Castanhão, maior reservatório do Estado do Ceará, diferente, portanto, de bacias tropicais em que há uma predominância de rios perenes.

Embora, 05 (cinco) do total de 06 (seis) pontos, estejam distribuídos dentro de uma extensão relativamente pequena (aproximadamente 30 km), os mesmos estabelecem particularidades fortes como proximidade de barramentos, uso diferenciado de margens, variações granulométricas no leito molhado, além da influência dos açudes já citados.

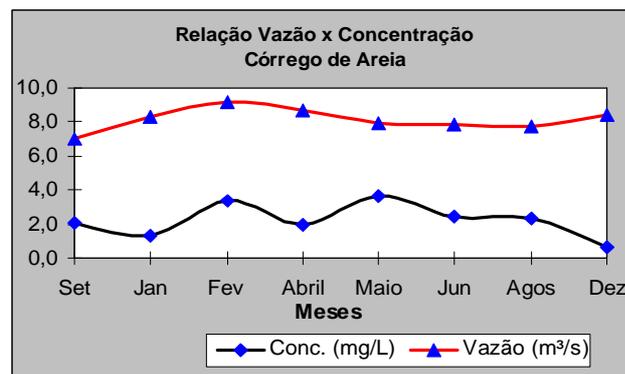
A figura 02 mostra a relação entre vazões e concentrações para os meses e pontos analisados. Observando os pontos 01, 02 e 03, percebe-se um comportamento de vazões bastante diferenciado dos demais, onde são apresentados valores superiores aos de concentração, embora a vazão diminua progressivamente do ponto 01 ao 03.



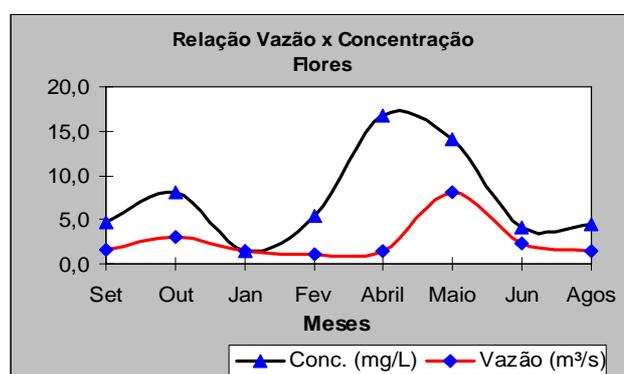
Ponto 01: Rio Jaguaribe



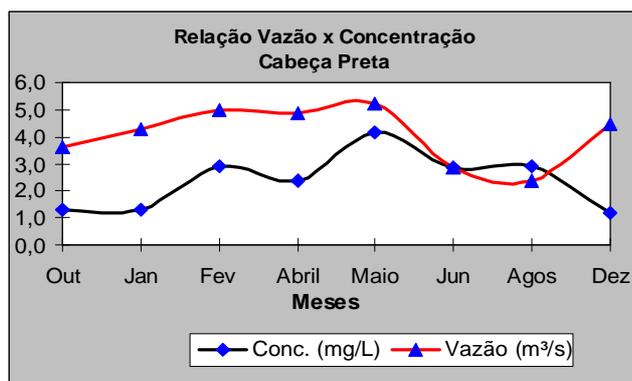
Ponto 04: Rio Banabuiú



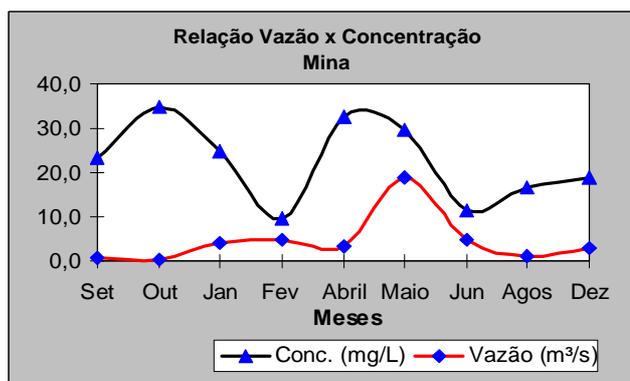
Ponto 02: Rio Quixeré



Ponto 05: Rio Jaguaribe



Ponto 03: Rio Quixeré



Ponto 06: Rio Jaguaribe

Figura 02 – Relação entre Vazão e Concentração dos Pontos de Monitoramento Analisados entre nos meses de Out./2006, Dez/2007.

O ponto 01 situa-se a montante do município de Limoeiro do Norte, corresponde ao rio Jaguaribe antes de sua bifurcação no referido município. Ressalta-se que o açude

Castanhão encontra-se a cerca de 60 km desta região, exercendo um forte papel na regularização e distribuição de água para o baixo curso.

Uma comparação entre as vazões antes e pós construção do Açude castanhão (Gráfico 01), comprova a importância que este açude possui na regularização do fluxo existente no baixo curso do Rio Jaguaribe, merecendo, portanto, ser levado em consideração na análise das taxas de transporte de sedimentos.

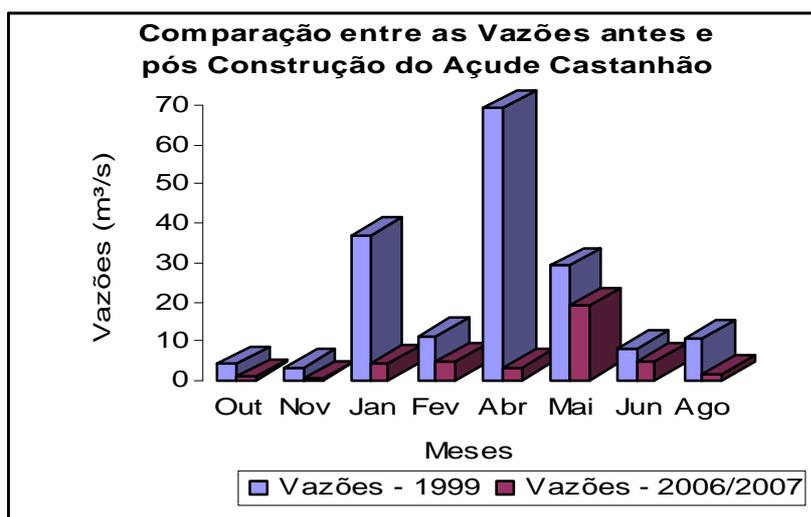


Gráfico 01 - Comparação entre as Vazões antes e pós Construção do Açude Castanhão

É notória a redução da vazão após a construção do Açude castanhão, reduzindo de aproximadamente 70 m³/s no período chuvoso em 1999 para menos de 20 m³/s no mesmo período em 2007. Se por um lado, o Açude castanhão pereniza o Jaguaribe, garantindo água durante todo o ano, e protegendo contra as inundações durante as cheias, por outro, em certos casos, diminui o fluxo a ponto de interferir no ecossistema do estuário. É importante destacar que no caso do Rio Jaguaribe, essa redução da vazão não se deve apenas ao grande reservatório Castanhão, mas também aos inúmeros barramentos de menor porte, bem como as atividades consumidoras de água como a carcinicultura, o abastecimento humano, a irrigação e a piscicultura.

Ainda com relação a figura 02, observa-se que nos meses de maiores precipitações, ou seja, de fevereiro a abril, a relação entre concentração e vazão se apresentou de modo diferenciado, enquanto que no restante do ano, período de estiagem, esses valores se aproximaram, demonstrando que quanto menor o volume de chuva, menor será a

concentração de sedimentos transportados. Ressalta-se que além do regime pluviométrico não ser elevado, média de 670 mm para o período avaliado (Gráfico 02), a área recebe significativas interferências de barramentos e da captação direta de água do rio para diversos usos na bacia. Dessa forma, a vazão dos canais no baixo curso, principalmente do Rio Jaguaribe diminui consideravelmente em virtude de dois fatores, das condições naturais e dos usos.

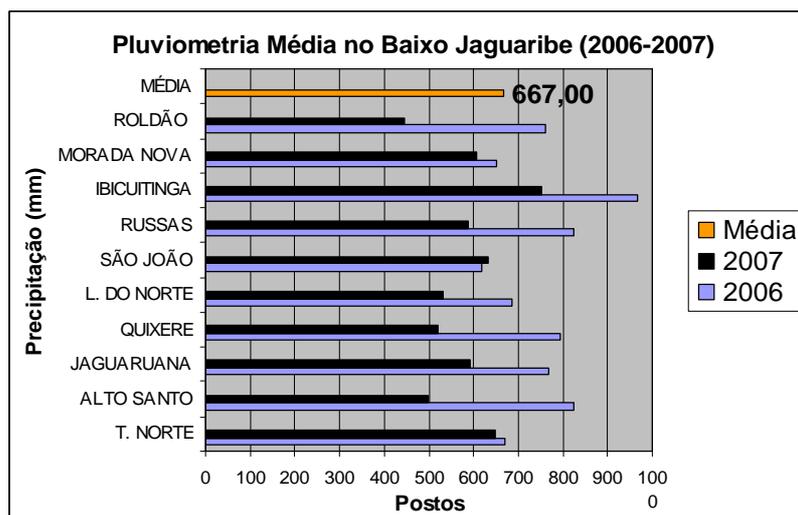


Gráfico 02 - Pluviometria média no Baixo Curso do Rio Jaguaribe.

Os pontos 04, 05 e 06, apresentam características diferenciadas dos três primeiros já mencionados, sendo marcados pela baixa vazão e por um alto índice de usos de seus canais, que provocam considerável aumento nas concentrações de sedimentos, e, portanto, na carga sedimentar transportada. Cunha et. al. (1998) explica que altas concentrações de sedimentos em canais podem relacionar-se com o índice de degradação local dessas áreas, como é o caso do rio das Velhas, afluente do rio São Francisco, na bacia do Paraná, onde as concentrações já atingiram valores da ordem de 1.184mg/l.

Situados em Limoeiro do Norte os pontos 04 e 05 encontram-se a jusante de um leito abandonado do rio Jaguaribe, sendo alimentados pelo açude Banabuiú. Como esta área não representa o foco das atividades da agricultura na região, a água destina-se em grande parte ao abastecimento humano e pequenas atividades. Neste trecho o rio apresenta vazões muito baixas principalmente em função da pouca alimentação, e em virtude do leito se encontrar em estado avançado de assoreamento, possuindo uma vazão em torno de menos de 1 m³/s. As altas concentrações refletem o estado de degradação, principalmente das margens e

o assoreamento do próprio canal, que não tendo força para carregar os sedimentos dispostos em suspensão e no leito, acabam sedimentando tais materiais e reduzindo seu nível de base.

No ponto 06 a presença de material do tipo silte-argiloso, típicos de áreas de baixo curso no NE, e a forte degradação evidenciada pelo cultivo do arroz nas vazantes, induz a uma elevada taxa de concentração. Apesar de ser uma área de confluência de canais e apresentar altas concentrações, possui uma das mais baixas vazões, possivelmente dada em função do alto nível de assoreamento deste rio no município de Jaguaruana.

A literatura mostra que quanto maior a vazão maior a taxa de sedimento transportada, dada a capacidade do rio em transportar não somente o sedimento fino, mas também o mais grosseiro. Por outro lado, altas concentrações podem não significar alto transporte, já que este depende diretamente da vazão. Os valores apresentados mostram que esta taxa depende diretamente das condições dos canais em função principalmente do tipo de material produzido e do estado de conservação da área, tudo isso associado à vazão. Com isso, observou-se que apesar do ponto 01 apresentar as vazões mais elevadas (11,0 m³/s), os pontos 04, 05 e 06 mostraram as maiores taxas de descarga sólida, devido às elevadíssimas taxas de concentração.

4. Considerações Finais

Segundo Bigarella (2003), “a determinação da erosão de um solo numa vertente fornece uma visão particular de certas áreas, sob condições específicas, ao passo, que a realizada num curso d’água, apresenta uma visão global do movimento dos sólidos numa bacia hidrográfica”. Isso significa que estudos de erosão, transporte e deposição em cursos d’água permitem avaliar áreas produtoras de sedimentos, e conseqüentemente, que tipo de material está sendo erodido.

A utilização das margens se deve primeiro, devido ao processo histórico de ocupação da região em virtude, entre outros fatores, do fácil acesso à água por parte dos ocupantes e, segundo e mais atual, as áreas dos canais fluviais normalmente são ocupadas por uma classe menos favorecida que não tem acesso às melhores condições de moradia.

Notadamente, o setor mais crítico do ponto de vista dos riscos são os pontos 04 e 05 situados no leito abandonado do Rio Jaguaribe, trecho de aproximadamente 10 km que se encontra em processo forte de assoreamento. Nas proximidades desses pontos se localiza um

dos bairros mais pobres e problemáticos do ponto de vista da exploração mineral desordenada e despejo de resíduos sólidos e líquidos. Assim, é fácil compreender porque se torna uma das áreas mais assoreadas na região, e que regularmente, sofre com inundações.

Desse modo, pode-se considerar que as elevadas concentrações geradas pela degradação destas áreas podem elevar o transporte de sedimentos e gerar fortes problemas em áreas marcadas por muitos reservatórios, como é o caso da bacia do Jaguaribe.

5. Referências Bibliográficas

BERTRAND, G. Paisagem e geografia Física Global: Esboço Metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, v. 3, p. 1-21. São Paulo, 1969.

BIGARELLA, João José. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 2003. 877p-1436p.

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

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA Jr., N. P.; SANTOS, P. M. C. et al. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL, 2000.

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

CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.211-252.

CUNHA, Sandra Baptista da; Guerra, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

PREES, Frank, *et. al.* **Para Entender a Terra**. Trad. Rualdo Menegat *et. al.* 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.