

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

USO DO SOLO E PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO PAJEÚ – BARRA DO JUÁ

*José Edberto da Silva¹; Alfredo Ribeiro Neto²; Jose Roberto Gonçalves de Azevedo²; Severino
Lopes Silva Filho³*

*1 – Doutorando em Engenharia Civil – UFPE; 2 – Professores da UFPE: ribeiront@gmail.com,
jrg@ufpe.br; 3- Engenheiro Civil da UFPE: slsfilho@yahoo.com.br.*

RESUMO - Os reservatórios, açudes ou barragens são corpos de água formados ou modificados por atividades humanas, para servir como um recurso em épocas de estiagem, estes têm sido construídos há pelo menos 5.000 anos. O objetivo geral deste trabalho é analisar o uso do solo através dos processos de produção e transporte de sedimentos responsáveis pelo assoreamento no reservatório Barra do Juá, no Município de Floresta, Pernambuco, utilizando o modelo de simulação hidrodinâmico HidroSed. Para tanto, será analisado a influência do uso do solo sobre a produção e transporte de sedimentos, a estimativa do volume assoreado nos reservatórios estudados e como gerar cenários de uso do solo e respectivos impactos sobre o volume de sedimentos nos reservatórios.

ABSTRACT - The reservoirs, ponds or dams are water bodies formed or modified by human activities, to serve as a resource in times of drought, these have been built for at least 5.000 years. The general purpose of this paper is to analyze soil use through the processes of production and transport of sediment in the reservoir Barra do Juá, In the City Floresta, PE, responsible for silting it, using the hydrodynamic simulation model HidroSed. To do so, will be analyzed the influence of soil use on the production and transport of sediment, the estimated volume in silted reservoirs and how to generate scenarios of soil use and their impact on the volume of sediment in the reservoirs.

Palavras-Chave – Reservatório, Semiárido, Modelos

1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios, açudes ou barragens são corpos de água formados ou modificados por atividades humanas, para servir como um recurso em épocas de estiagem. Os reservatórios têm sido construídos há pelo menos 5.000 anos, com registros obtidos no Oriente Médio e na Ásia, cujas funções principais são voltadas para o uso múltiplo da água, como controle de cheias, irrigação e suprimento de água para abastecimento. Segundo Agostinho et al. (2007), no Brasil, a prática de construção de açudes e pequenos reservatórios vem sendo realizada há bastante tempo, especialmente na região Nordeste para fins de fornecimento de água para as populações locais, visto que as chuvas nessa região não são freqüentes e o acúmulo de água para reserva torna-se fundamental. Na segunda metade do século XX houve um aumento no número de reservatórios

construídos e também no tamanho dessas obras, principalmente nas regiões sudeste e sul do país. O principal objetivo foi o de aumentar a geração de energia elétrica para suprir o crescimento da indústria e dos centros urbanos emergentes.

A construção dos reservatórios provoca modificações marcantes nas bacias em que são instalados, visíveis na paisagem local e também em aspectos de ordem econômica, social e ambiental (Straskraba & Tundisi; 1999; Agostinho et al.; 2007).

1.1. Objetivos

Os objetivos deste artigo é analisar o uso do solo através dos processos de produção e transporte de sedimentos responsáveis pelo assoreamento de reservatórios do Nordeste Brasileiro, utilizando um modelo de simulação HidroSed e como objetivos específicos:

- Avaliar a influência do uso do solo sobre a produção e transporte de sedimentos;
- Estimar o volume assoreado no reservatório estudado;
- Gerar cenários de uso do solo e respectivos impactos sobre o volume de sedimentos nos reservatórios.

1.2. Localização da Pesquisa

Conforme a Figura 01, a Barragem Barra do Juá está localizado no semi-árido, no município de Floresta, Estado de Pernambuco.

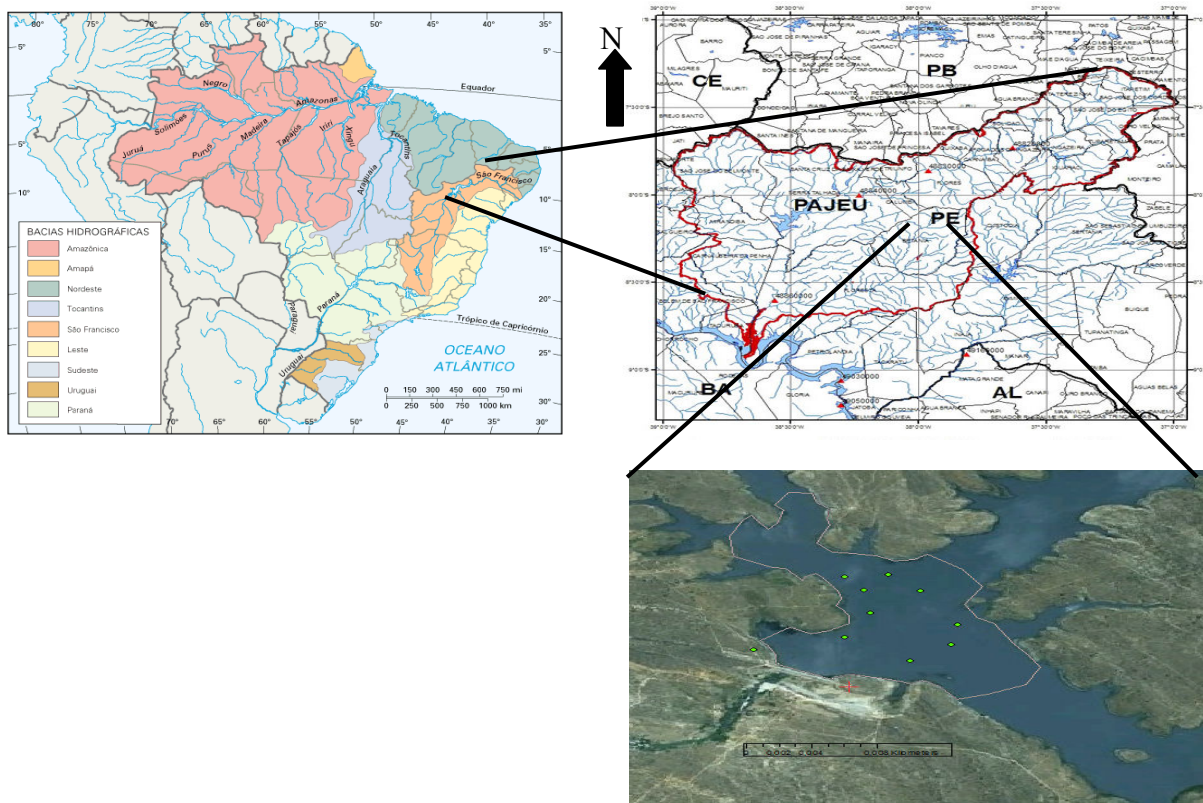


Figura 01 localização da Bacia do Rio Pajeú

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Modelos de Simulação

- Parâmetros Concentrados versus Parâmetros Distribuídos

Segundo Tucci (2003), os modelos matemáticos podem ser divididos em dois grupos: Modelos a parâmetros concentrados e modelos a parâmetros distribuídos. Nos modelos a parâmetros concentrados não importa a variabilidade espacial da grandeza a ser modelada no volume de controle adotado. A precipitação média de uma bacia é um exemplo da integração espacial da variável de entrada. Já nos modelos a parâmetros distribuídos, a distribuição espacial é importante.

- Possíveis modelos utilizáveis no semi-árido:

Existem vários modelos que podem ser utilizados no semi-árido e focam a distribuição de sedimentos, porém cada um tem características específicas. Citaremos alguns deles: 1- Concentrados: grh: chuva vazão; smap - modificado - chuva vazão; modhac - suprimento de água no semi-árido; 2- Distribuídos: Kyneros: pequenas bacias 10 km²; Topog - grandes bacias; Açumod - gerar vazões; Mike SHE: chuva vazão; MGB -IPH: balanços hídricos; 3- Sedimentos em suspensão: Richards, Morgan, Haverkamp & Parlange; 4 -Transporte de sedimentos: WESP: é um modelo distribuído, que simula eventos de chuva, e foi elaborado para ser aplicado à pequenas bacias nas regiões semi-áridas; WEPP: (Water Erosion Prediction Project) (FLANAGAN e NEARING, 1995) é um modelo desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) para ser aplicado à grandes bacias. Esse modelo é conceitual, e considera a física do solo, a ciência das plantas e a mecânica da erosão. Ele inclui componentes para planos, canais e para irrigação; KYNEROS2: O modelo utiliza a equação da continuidade de sedimentos (BENNETT, 1974) e calcula o desprendimento das partículas pelo impacto das gotas de chuva através da Equação de Meyer e Wischmeier (1969); CSU: Calcula a erosão e o transporte de sedimentos separadamente para o fluxo superficial e nos canais, e propaga o fluxo através do modelo de onda cinemática e SWAT: permite que diferentes processos físicos sejam simulados na bacia.

2.2. Modelo HidroSed

Segundo Araújo (2003) a massa de sedimentos que chega aos drenos superficiais é a mesma que chega aos reservatórios.

Alguns fatores atuantes na erosão do terreno merecem destaque, como a precipitação, a topografia do local, a pedologia, a vegetação, o uso do solo e o clima do local. Fatores estes, que devidamente estudados e adaptados a condições preestabelecidas, poderão amenizar o

assoreamento, evitando-se perdas excessivas dos açudes, por extravasamento, em épocas de cheias, causadas pelo assoreamento. A mata ciliar, em torno destes reservatórios tem importância fundamental na retenção destes resíduos, pois ajudam a amenizar a quantidade de materiais transportados aos açudes, uma vez que impedem a formação de drenos, além de diminuir a velocidade do fluxo superficial, retendo os sedimentos e evitando uma conseqüente erosão do solo e acúmulo de material nos reservatórios. “A diminuição do tamanho das partículas em função da gênese aumenta a proporção de argila nos solos ($< 2 \mu m$ de diâmetro) tornando os solos mais argilosos” (Poletto, 2008). As partículas menores, componentes do solo, são mais carregadas e caso não vedem os drenos, irão aumentar a quantidade de sedimentos nos reservatórios. A diminuição destas partículas é causada pelo intemperismo, que quebra e aumentam a área superficial das partículas. Chegou-se a conclusão que a taxa média de assoreamento nos reservatórios do semiárido estudados em termos de percentagem é de 1,85% da sua capacidade, ou seja, os reservatórios deixam de armazenar esta taxa a cada década. Em termos de valores, a média de assoreamento é de $2,68 t \cdot ano^{-1}$.

O modelo HidroSed foi criado levando em conta a avaliação da produção de sedimentos por erosão laminar, validação de transporte difuso do sedimento na bacia e avaliação da retenção deste sedimento no reservatório. Sendo simulado o processo de erosão - transporte – assoreamento para cada bacia a nível mensal, desde a data do fechamento do boqueirão até o momento da medição de controle de calibração.

2.2.1 Considerações sobre o Reservatório Barra do Juá

Conforme Quadro 01 abaixo, o reservatório Barra do Juá tem uma capacidade de 71.474 hm^3 , na data de 31/12/2011, o volume na cota 394 era de 9.267 hm^3 .

Quadro 01 Reservatório Barra do Juá

AÇUDE	MUNICÍPIO	CAP. MAX. (1000m ³)	DATA ATUAL	Cota (m)	Volume (hm ³)	% Atual	DATA ANTER.	Volume Anter.	% Anter	Variaç. Volume
BARRA DO JUA	FLORESTA	71.474	31/12/2011	394	9.267	12	08/04/2011	21.007	29	-11.739

O reservatório Barra do Juá faz parte da Bacia do Rio Pajeú, que durante seu percurso pelo semi-árido Pernambucano é barrado 37 vezes, desde Brejinho, percorrendo uma extensão de aproximadamente 353 km.

A bacia do rio Pajeú (Figura 02) está localizada entre 07° 16' 20" e 08° 56' 01" de latitude sul, e 36°59' 00" e 38°57' 45" de longitude oeste, formando a Unidade de Planejamento Hídrico UP9.

A bacia limita-se ao norte com os estados do Ceará e Paraíba, ao sul com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 3 - GI3 (UP22) e a bacia do rio Moxotó (UP8), a leste com a bacia do

rio Moxotó e o estado da Paraíba, e a oeste com a bacia do rio Terra Nova (UP10) e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 4 - GI4 (UP23).

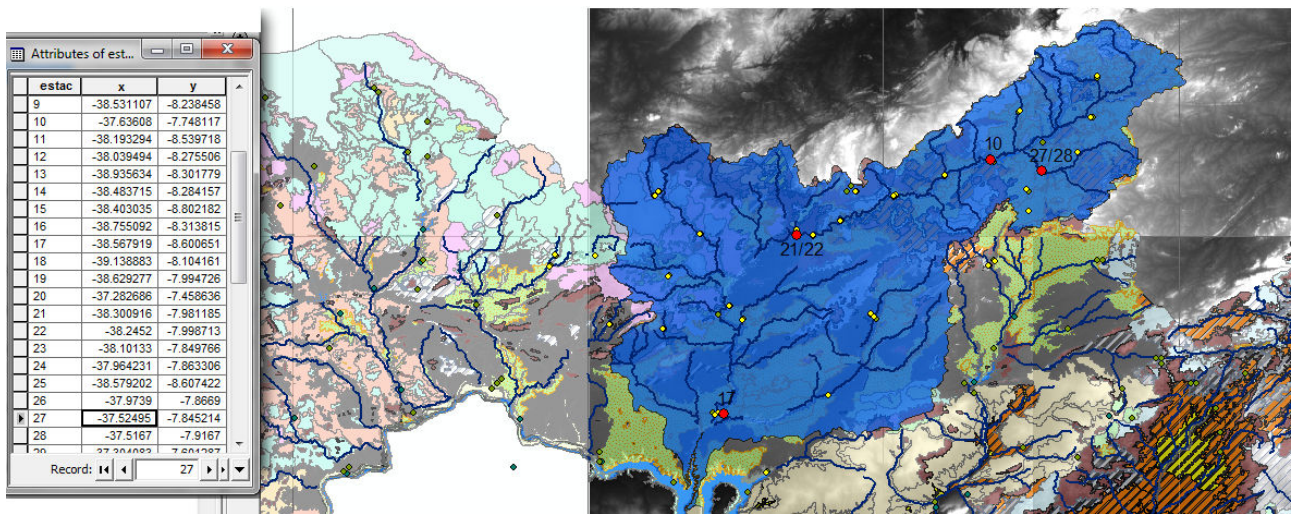


Figura 02 Limite da Bacia do Pajeú com a indicação de Estações Pluviométricas

2.3. Fórmula USLE

Segundo Moreti (2001, apud Wischmeier & Smith, 1978), a Equação Universal de Perda de Solo - USLE (Equação 1) tem por objetivo prever a erosão, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, que poderá ocorrer em determinada área, de forma que a magnitude da perda de solo fique situada dentro dos limites toleráveis. A equação relaciona, de forma combinada, todos os fatores que influenciam a erosão acelerada do solo, quais sejam: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento e grau do declive (LS), cobertura e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas de suporte (P), sendo:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Onde :

A= Perda de solo em unidade de massa por unidade de área e unidade de tempo, mensurada em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$;

R = Fator relativo a erosividade das chuvas em $Mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$;

K = Fator de erodibilidade do solo, $t\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$;

LS = Fator topográfico da USLE, adimensional;

C = Fator de uso/manejo do solo, adimensional;

P = Fator de práticas conservacionistas de solo, adimensional.

De acordo com o modelo HidroSed, a área a ser pesquisada deverá ser dividida em células e para cada uma destas células, deve-se calcular os fatores da fórmula, sendo somados e divididos pela área da bacia para obter-se a taxa de assoreamento para a faixa de tempo de precipitação previamente estabelecida.

3. RESULTADOS

Para cada fator da fórmula USLE em cada célula, foram obtidos os seguintes dados:

Fator R

Para o reservatório Barra do Juá, conforme Tabela 01, existem 9 estações pluviométricas, com períodos variando de 1962 a 1994, sendo que para a estação Boqueirão Fz, tem-se somente o ano de 1971, não sendo considerado para efeito de cálculos do fator de erosividade da chuva (R).

Tabela 1 Resumo do fator R na área de Influência do Reservatório Barra do Juá

Nº	Estação	Resp.	R
1	Betânia	ANA	3317.82937
2	Betânia	LAMEPE	3038.474654
3	Betânia	LAMAPE	3038.474654
4	Betânia	SUDENE	3311.771094
5	Jacaré FZ	SUDENE	3354.062619
6	Cachoeira do Leite	SUDENE	3273.677337
7	Boqueirão Fz*	SUDENE	4887.353967
8	Sítio dos Nunes	SUDENE	3468.797396
9	Caiçara Fz	SUDENE	3172.198941

Fator K, LS, C e P

Para os outros fatores, foram calculados para cada célula (Figura 03), conforme resumo na Tabela 02 e a partir desta chegou-se a uma taxa de $4,45 \text{ t.ano}^{-1}$.

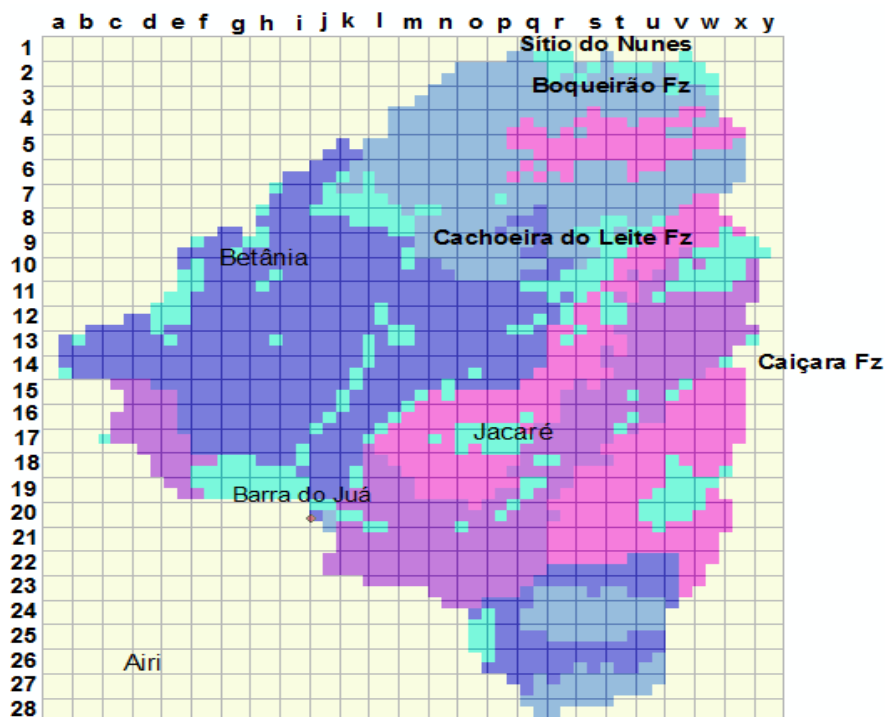


Figura 03 Divisão da Bacia do Barra do Juá em células

Tabela 02 Fatores da Fórmula USLE

Célula	área (Km ²)	área (ha)	R (Mj.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)	K (t.h.Mj ⁻¹ .mm ⁻¹)	D - decliv (%)	L _{drenagem} (fac) (Km)	LS ₁	LS ₂	C	P	M _{Li2} (t ha ⁻¹ .ano ⁻¹) hectare	M _{Li1} (t ha ⁻¹ .ano ⁻¹) km	SDR (25%) (t ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
x18	0,30	30	3172,199	0,032	89,98	2,48	0,02	0,22	0,04	1,0	26,75	2,50	
x19	1,01	101	3172,199	0,032	89,98	3,24	0,04	0,40	0,04	1,0	163,52	15,20	
y9	1,17	117	3172,199	0,015	89,98	3,50	0,04	0,42	0,18	1,0	417,54	40,62	
área	1583,02	158302				1666,88					4,45	0,32	t . ano ⁻¹
arcgis	1582,57												

4. VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Para saber como estava os cálculos realizados e a prática do reservatório, fez-se uma visita ao reservatório com um GPS geodésico (Figura 04) e a partir daí mediu-se a altitude de 20 pontos dentro do reservatório na cota 393 e comparou-se com a mesma cota no ano de 1982, que foi o ano da construção do mesmo (Figura 05).



Figura 04 Inspeção no reservatório Barra do Juá

Chegou ao valor de 0,14 t.ano⁻¹, para os últimos 30anos, somente na parte molhada da barragem (Tabela 03).

Tabela 03 Volume de Sedimentos

área (m ²)	volume (m ³)	diferença PRN1 e nível d'água (m)	diferença entre atual e 1982 (m3)	massa $\gamma=1,32$ (t.m ⁻³) área dren = 158302ha
1.810.000	3.973.452,78	13,242		
			512.047,22	0,142323393

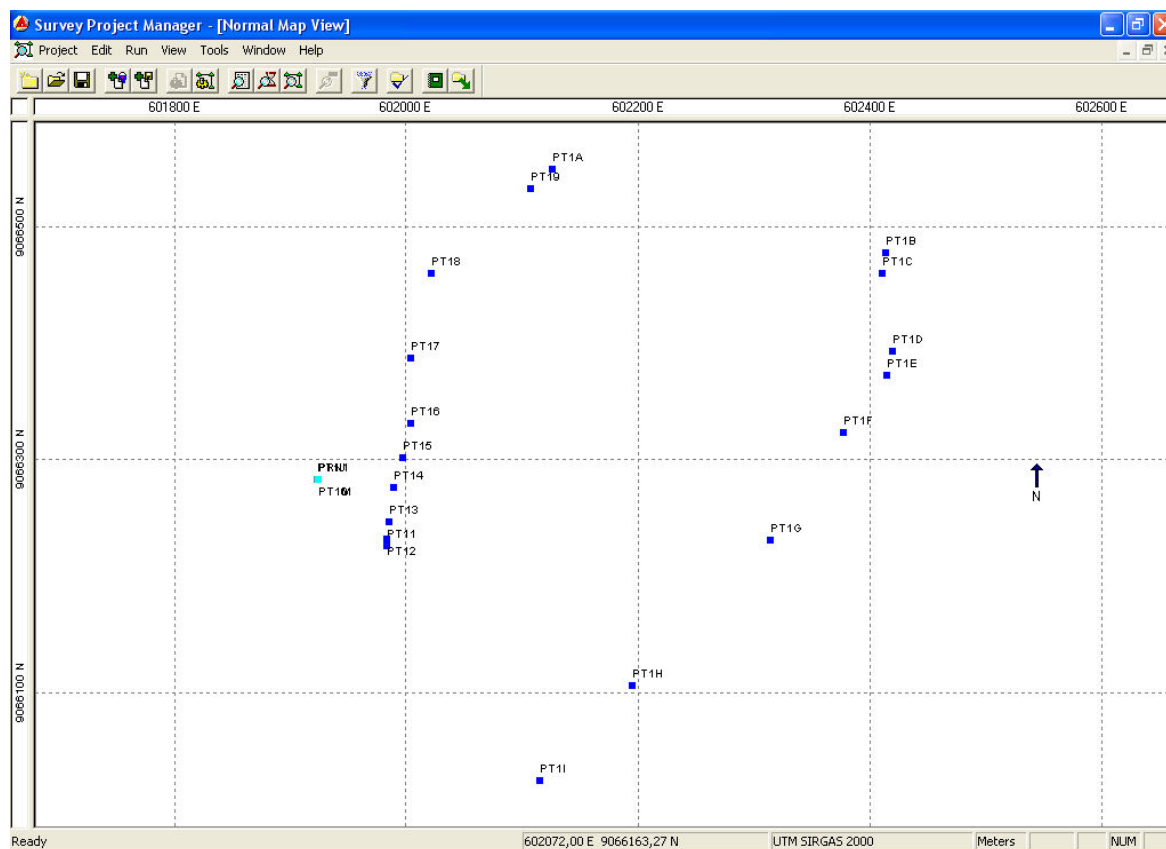


Figura 05 Pontos marcados com o GPS Geodésico

5.0 CONCLUSÃO

Considerando que apenas nos locais onde tinha água foi averiguado os sedimentos, o valor encontrado na prática foi pouco expressivo, porém se não for dividido pela quantidade de anos (30 anos) encontrar-se-á 4.66 t.ano^{-1} , bem significativo, porém não é a realidade, já que o nível do reservatório está baixo e sabe-se também que sedimentos ficam também em níveis mais acima do nível atual da lâmina d'água. Sabe-se que o caminho é este, porém tem-se que fazer estudos mais específicos, como uma batimetria completa para se ter a certeza dos valores encontrados.

6. REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. & PELICICE, F. M. 2007. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá, EDUEM. 501p.
- ARAÚJO, J.C.. **Assoreamento em Reservatórios do semi-árido: Modelagem e Validação**. RBRH, vol. 8. n.2, 2003, 39-56.
- BARTON, J.L. & P.E. DAVIES, 1993. **Buffer strips and streamwater contamination by atrazine and pyrethroids aerially applied to Eucalyptus nitens plantations**. Australian Forestry, 56 (3): 201-210.

- BERGA, ET. AL.. **Dams and Reservoirs societies an Environment in the 21st Century**. vol.n.1. Taylor & Francis, London, 2006, 97 – 112 p
- BESCHTA, R.L. **Stream habitat management for fish in the Northwestern United States: the role of riparian vegetation**. American Fisheries Society Symposium, 1991 10: 53-58.
- BRAGA, R..**Gestão Ambiental da bacia do rio Tapacurá**. UFPE, Recife, 2001, 101 p.
- BREN, L.J., 1993. **Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review**. Journal of Hydrology, 150: 277-299.
- CÂMARA ET. AL.. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2009, 400 p.
- CAMPOS, J.N.B.Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia. **Notas de aula de Simulação Hidrológica**. UFC, Fortaleza, 2008.
- _____. **Dimensionamento de Reservatórios: O Método do Diagrama Triangular de Regularização**. Edições UFC Fortaleza, 1996. 51p.
- CAMPOS, J. N. B.; NASCIMENTO, L. S. V; STUDART, T. M. C. (2002). **Avaliação de Erros na Estimativa de Vazões Regularizadas por Ajustamento da Tabela Cota vs. Volume por Equações Matemáticas**. In: VI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2002, Maceió. VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Porto Alegre: ABRH.
- CAMPOS, JOSÉ NILSON BESERRA; NASCIMENTO, Luiz Sérgio V; STUDART, Ticiania Marinho de Carvalho. [Determinação da Forma dos Reservatórios Baseada nas Curvas Hipsográficas de Volume X Profundidade](#). In: VI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2002, Maceió. VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Porto Alegre: ABRH, 2002.
- CAMPOS, STUDART, MARTINZ E COÊLHO.SIMRES: **Laboratório Computacional de Reservatórios**. UFC, Fortaleza, 2000, 310 p.
- CARVALHO, NEWTON DE OLIVEIRA, ET. AL.(2000). **GUIA DE AVALIAÇÃO DE ASSOREAMENTO DE RESERVATÓRIOS**. Aneel. Brasília. 2000 – 116 p
- CABRAL, JOÃO BATISTA PEREIRA, ET AL..**Avaliação do estado de assoreamento do reservatório de Cachoeira Dourada**. 2009. (GO/MG).
- CHORLEY, R.J., 1978. **The hillslope hydrologic cycle**. In: Hillslope Hydrology. M..J. KIRKBY (Ed.). John Wiley: 1-42.
- CLINNICK, P.F.. **Buffer strip management in forest operations: a review**. Australian Forestry, 48 (1): 1985. 34-45 p.
- ELMORE, W. & R. L. BESCHTA, 1987. **Riparian areas: perceptions in management**. Rangelands, 9 (6): 260-265.
- FLANAGAN, D.C.; G.R. FOSTER; W.H. NEIBLING; J.P. BURT, 1989. **Simplified equations for filter strip design**. Transactions of the ASAE, 32 (6): 2001-2007.

- GLANTZ, MICHELL. **Climate and development issues in the Amudarya Basin**. ESIG, n.1. Philadelphia, 2002. 35 p.
- GÜNTNER 2002, GÜNTNER E BRONSTERT 2004. **WASA-SED. Parameterisation Manual**. University Potsdam-Alemanha, October, 2008. 37 p
- GREGORY, S.V.; F.J. SWANSON; W.A. McKEE; K.W. CUMMINS, 1992. **An ecosystem perspective of riparian zones**. BioScience, 41 (8):540-551.
- HAKANSON, LARS. **A Manual of Lake Morphometriy**. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. New York, 1981, 190 p.
- HEWLETT, J.D.. **Comments on letters relating to "Role of subsurface flow in generating surface runoff, 2, upstream source areas"** by R.Allan Freeze. Water Resources Research, 10 (3): 1974. 605-607 p
- HEWLETT, J.D. & A.E. HIBBERT, 1967. **Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas**. International Symposium on Forest Hydrology. Pergamon Press: 275-290 p.
- HORTON, R.E.. **An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity**. Soil Science Society of America Proc., 5: 1940. 399-417 p. Validation
- KOBIYAMA, MASATO. **Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos**. Florianópolis, UFSC, 2003.
- KUNKLE, S.H.. **Agua: su calidad suele depender del forestal**. Unasylva, 1974. 26 (105): 10-16 p.
- LIMA, W.P.. **Função hidrológica da mata ciliar. Simpósio sobre Mata Ciliar**. Fundação Cargill: 1989. 25-42 p.
- LIMA, W.P.. **Hidrologia de Matas Ciliares**. IPEF. Piracicaba, 1994.
- LUNA, R. MENDES. Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia. **Notas de Aula de Sistema de Informações Geográficas**. UFC, Fortaleza, 2009.
- MACEDO, Maria Vilalba Alves de. **Características Físicas e Técnicas dos Açudes públicos do Ceará**. DNOCS. Fortaleza, 1981.
- MAGETTE, W.L.; R.B. BRINSFIELD; R.E. PALMER; J.D. WOOD, 1989. Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. Transactions of the ASAE, 32 (2): 663-667.
- MUSCUTT, A.D.; G.L. HARRIS; S.W. BAILEY; D.B. DAVIES, 1993. Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture. Agriculture, Ecosystem and Environment, 45: 59-77.
- NASCIMENTO, L.S.V.; Campos, J.N.B.; Studart, T.M.C e Barcelos, D.G. . **Desvios nas estimativas de vazões Regularizadas Resultantes das Representação das Relações Cota x Área x Volume por Equações matemáticas**. In: Anais do XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica. IAHR, São Pedro. São Paulo, Brasil, 2004.
- POLETO, C.(organizador). **Ambientes e Sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, 2008, 404 p.

PERH/PE. **Secretaria de Recursos Hídricos**. Plano Estadual de Recursos Hídricos: Documento Síntese; 2003.

REVISTA DE GEOGRAFIA. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, no 2, mai/ago. 2007 58

SANTOS, Laércio Leal dos. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife-PE, Vol.2, n.03, set-dez, 2009, 01-19.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Fortaleza, 1992.

SOUZA, P. S., **Água**: Essência da Vida. João Pessoa: COGERH, 2007, 205 p.

SPERLING, E.V. **Morfologia de Lagos e Represas**. DESA/UFMG, Belo Horizonte, MG, 1999.

SOUZA, S. F., ET AL..Caracterização Fisiográfica da Sub-Bacia do Rio Natuba-PE. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife-PE Vol.01 n.02 Set/Dez 2008,1-14

STRASKRABA & TUNDISI, J.G., **Diretrizes para gerenciamento de lagos**: Gerenciamento da qualidade da água de represas.v.9.Tradução de Dino Vanucci. CNPq, ILEC.IIE, São Paulo, 2000, 280 p.

TUNDISI, J.G.,**Água no Século XXI**: Enfrentando a Escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2003, 320 p.

